

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

WEST**End of Result Set**

Generate Collection

Print

L18: Entry 1 of 1

File: DWPI

Apr 4, 2000

DERWENT-ACC-NO: 2000-312961
DERWENT-WEEK: 200027
COPYRIGHT 2002 DERWENT INFORMATION LTD

TITLE: Composite material for semiconductor device, has copper alloy impregnated into tubular holes formed in carbon fiber frame

PATENT-ASSIGNEE: NGK INSULATORS LTD (NIGA)

PRIORITY-DATA: 1998JP-0265131 (September 18, 1998)

PATENT-FAMILY:

PUB-NO	PUB-DATE	LANGUAGE	PAGES	MAIN-IPC
JP <u>2000095586</u> A	April 4, 2000		020	C04B041/88

APPLICATION-DATA:

PUB-NO	APPL-DATE	APPL-NO	DESCRIPTOR
JP2000095586A	September 18, 1998	1998JP-0265131	

INT-CL (IPC): C04 B 41/88; H01 L 23/15

ABSTRACTED-PUB-NO: JP2000095586A
BASIC-ABSTRACT:

NOVELTY - Yarns (2A,2B) which contains bunch of inorganic materials such as carbon fiber are laminated. Matrixes (206A,206B) consisting metal including copper are impregnated into tubular open hole formed in carbon fiber.

DETAILED DESCRIPTION - An INDEPENDENT CLAIM is also included for composite material manufacturing method.

USE - For semiconductor device.

ADVANTAGE - Since copper or copper alloy is uniformly impregnated into carbon fiber holes, thermal effect and mechanical shock property, of composite material are improved.

DESCRIPTION OF DRAWING(S) - The figure shows the perspective view of the composition of composite material.

Yarn 2A,2B

Matrix 206A,206B

ABSTRACTED-PUB-NO: JP2000095586A
EQUIVALENT-ABSTRACTS:

CHOSEN-DRAWING: Dwg.1/21

DERWENT-CLASS: L03
CPI-CODES: L04-C22;

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **2000095586 A**(43) Date of publication of application: **04.04.00**

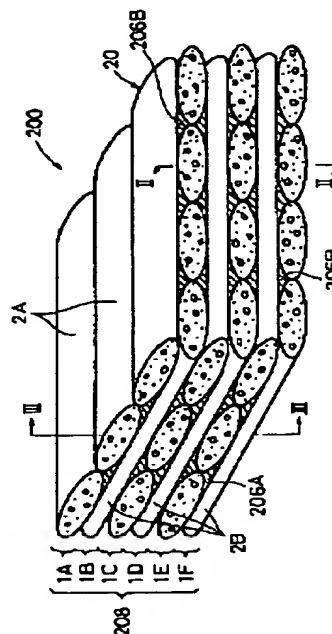
(51) Int. Cl.

C04B 41/88
// H01L 23/15(21) Application number: **10265131**(22) Date of filing: **18.09.98**(71) Applicant: **NGK INSULATORS LTD**(72) Inventor: **HANZAWA SHIGERU**
ISHIKAWA SHUHEI**(54) COMPOSITE MATERIAL AND ITS PRODUCTION****(57) Abstract:**

PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain a characteristic which is in conformity with the balance between thermal expansion coefficient and heat conductivity, which balance is required by practical electronic parts (including semiconductor device) or the like.

SOLUTION: A yarn assembly 208 is fabricated by two-dimensionally arranging plural yarns 2A, 2B in nearly parallel to form yarn arranged bodies 1A-1F and then alternately laminating plural yarn arranged bodies 1A-1F. The yarns 2A, 2B are each composed of carbon fiber bundles obtained by bundling carbon fibers, e.g. hundreds-tens of thousands of fibers having diameters of about 10 μm and a carbon component except the carbon fiber. The composite material is produced by impregnating metal matrices containing at least copper 206A, 206B into tube-like open pores formed in the yarn assembly 208.

COPYRIGHT: (C)2000,JPO



(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2000-95586 /

(P2000-95586A)

(43)公開日 平成12年4月4日(2000.4.4) /

(51)Int.Cl.⁷

識別記号

F I

テ-マ-ト (参考)

C 0 4 B 41/88

C 0 4 B 41/88

V

// H 0 1 L 23/15

H 0 1 L 23/14

C

審査請求 未請求 請求項の数30/ O L (全 20 頁)

(21)出願番号 特願平10-265131 /

(22)出願日 平成10年9月18日(1998.9.18) /

(71)出願人 000004064

日本碍子株式会社

愛知県名古屋市瑞穂区須田町2番56号

(72)発明者 半澤 茂 /

愛知県名古屋市瑞穂区須田町2番56号 日

本碍子株式会社内

(72)発明者 石川 修平 /

愛知県名古屋市瑞穂区須田町2番56号 日

本碍子株式会社内

(74)代理人 100077665

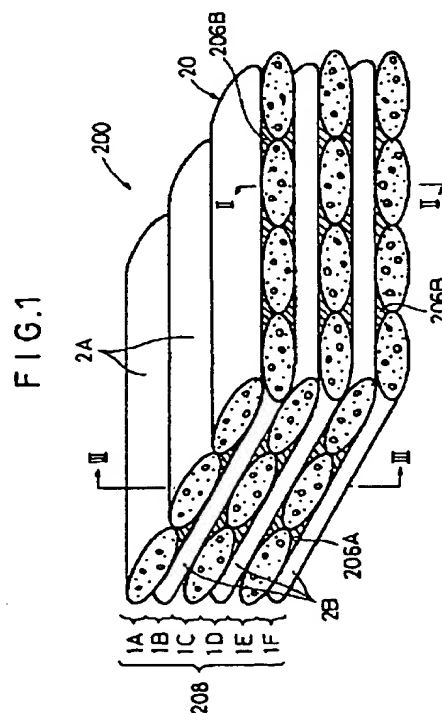
弁理士 千葉 剛宏 (外1名)

(54)【発明の名称】 複合材料及びその製造方法

(57)【要約】

【課題】実際の電子部品(半導体装置を含む)等で求められる熱膨張率と熱伝導率とのバランスに適合した特性を得る。

【解決手段】直径10 μ m前後の炭素繊維が例えば数百本~数万本ほど束ねられてなる炭素繊維の束と炭素繊維以外の炭素成分とを含有するヤーン2A、2Bを複数本ほどほぼ平行に二次元的に配列してヤーン配列体1A~1Fを作製し、複数のヤーン配列体1A~1Fを積層してヤーン集合体208を作製する。そして、このヤーン集合体208に形成された管状の開孔202内に少なくとも銅を含む金属からなるマトリクス206A及び206Bを含浸させて構成する。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】管状の連続した開孔が多数形成された無機物質と、
前記無機物質の前記開孔に含浸された少なくとも銅を含む金属からなるマトリクスとを有することを特徴とする複合材料。

【請求項 2】請求項 1 記載の複合材料において、
前記金属を含浸させる前の前記無機物質の開孔率が 10%～35%であることを特徴とする複合材料。

【請求項 3】請求項 1 又は 2 記載の複合材料において、
前記無機物質は、少なくとも炭素繊維の束と炭素繊維以外の炭素成分とを含有するヤーンが三次元的に組み合わせられ、これらヤーンが互いに分離しない程度に一体化されたヤーン集合体で構成され、
前記開孔は、前記ヤーン集合体において互いに隣接するヤーンの間形成される隙間であることを特徴とする複合材料。

【請求項 4】請求項 3 記載の複合材料において、
前記ヤーン集合体は複数のヤーン配列体が積層されて構成され、
前記ヤーン配列体はそれぞれ複数の前記ヤーンがほぼ平行に二次元的に配列されることによって構成されていることを特徴とする複合材料。

【請求項 5】請求項 4 記載の複合材料において、
隣接する前記ヤーン配列体における各ヤーンの長手方向が互いに交差していることを特徴とする複合材料。

【請求項 6】請求項 1～5 のいずれか 1 項に記載の複合材料において、
前記マトリクスは、前記無機物質の中で互いに連続することで三次元網目構造を形成していることを特徴とする複合材料。

【請求項 7】請求項 5 又は 6 記載の複合材料において、
前記マトリクスは前記各ヤーン配列体に沿ってほぼ平行に二次元的に配列され、かつ、隣接する前記各ヤーン配列体中に含浸された前記マトリクスは互いに連続されていることを特徴とする複合材料。

【請求項 8】多数本の炭素繊維と炭素粉体と有機バインダにて炭素繊維束を作製し、該炭素繊維束の周囲に樹脂製の被膜を形成してヤーン構成体を作製する第 1 の工程と、
前記ヤーン構成体を多数配列させて配列体を作製する第 2 の工程と、
前記配列体を積層させて積層体を作製する第 3 の工程と、
前記積層体を加圧焼成して管状の連続した開孔が多数形成された焼結体を作製する第 4 の工程と、
前記焼結体の前記開孔に少なくとも銅を含む金属を含浸させる第 5 の工程とを有することを特徴とする複合材料の製造方法。

【請求項 9】請求項 8 記載の複合材料の製造方法におい

て、

前記第 4 の工程は、前記積層体をホットプレスで 300～2000℃、常圧～500 kgf/cm² の条件下で成形して成形体を作製し、該成形体を大気中で 600～1200℃で焼成して前記焼結体を作製することを特徴とする複合材料の製造方法。

【請求項 10】請求項 9 記載の複合材料の製造方法において、

前記成形体を 600～1200℃で炭化させ、1500～3000℃で黒鉛化して前記焼結体を作製することを特徴とする複合材料の製造方法。

【請求項 11】請求項 8～10 のいずれか 1 項に記載の複合材料の製造方法において、
前記炭素繊維は、ピッチ系炭素繊維及び PAN 系炭素繊維のいずれかであることを特徴とする複合材料の製造方法。

【請求項 12】請求項 8～11 のいずれか 1 項に記載の複合材料の製造方法において、

前記第 5 の工程は、前記焼結体と少なくとも銅を含む金属とを互いに接触させない状態で加熱し、所定温度に達した段階で両者を接触させて直ちに高圧力を付与して、前記金属を前記焼結体中に含浸させる含浸工程と、
少なくとも前記金属が含浸された前記焼結体を冷却する冷却工程とを有することを特徴とする複合材料の製造方法。

【請求項 13】請求項 12 記載の複合材料の製造方法において、

前記含浸工程は、前記焼結体と前記金属を同一の容器に入れ、前記金属を前記容器内の下方に配置した後、該容器内を負圧又は常圧状態にする工程と、
前記金属を加熱溶解して前記金属を熔融金属にする工程と、
前記熔融金属が所定温度に到達した段階で、前記容器を転回して該容器内において前記熔融金属中に前記多孔質焼結体を浸漬させる工程と、
前記容器内に含浸用ガスを導入して前記容器内を加圧することにより、前記熔融金属を前記焼結体中に含浸させる工程とを有することを特徴とする複合材料の製造方法。

【請求項 14】請求項 12 記載の複合材料の製造方法において、

前記含浸工程は、予め溶解された前記金属と前記焼結体を同一の容器に入れ、
前記熔融金属を前記容器内の下方に配置した後、該容器内を負圧又は常圧状態にする工程と、
前記熔融金属が所定温度に到達した段階で、前記容器を転回して該容器内において前記熔融金属中に前記焼結体を浸漬させる工程と、
前記容器内に含浸用ガスを導入して前記容器内を加圧することにより、前記熔融金属を前記焼結体中に含浸させ

3

る工程とを有することを特徴とする複合材料の製造方法。

【請求項15】請求項13又は14記載の複合材料の製造方法において、

前記冷却工程は、前記容器を転回して含浸後の前記焼結体と非含浸の残存熔融金属とを分離する工程と、

前記容器内の前記含浸用ガスを抜き、速やかに冷却用ガスを導入して容器内を冷却する工程とを有することを特徴とする複合材料の製造方法。

【請求項16】請求項13又は14記載の複合材料の製造方法において、

前記冷却工程は、前記容器を転回して含浸後の前記焼結体と非含浸の残存熔融金属とを分離する工程と、

前記容器を冷やし金に接触させることにより、前記容器内を冷却する工程とを有することを特徴とする複合材料の製造方法。

【請求項17】請求項12～16のいずれか1項に記載の複合材料の製造方法において、

前記付与する圧力は、 10 kgf/cm^2 以上、 1000 kgf/cm^2 以下であることを特徴とする複合材料の製造方法。

【請求項18】請求項12～17のいずれか1項に記載の複合材料の製造方法において、

前記圧力の付与時間は、10秒以上、30分以下であることを特徴とする複合材料の製造方法。

【請求項19】請求項12～18のいずれか1項に記載の複合材料の製造方法において、

前記所定温度は、前記金属の融点より 10°C ～ 250°C 高い温度であることを特徴とする複合材料の製造方法。

【請求項20】請求項12～19のいずれか1項に記載の複合材料の製造方法において、

前記冷却工程における冷却速度は、含浸時の温度から 800°C まで、 $-400^\circ\text{C}/\text{時間}$ 以上であることを特徴とする複合材料の製造方法。

【請求項21】請求項12～20のいずれか1項に記載の複合材料の製造方法において、

前記負圧状態は、 1 Torr 以下であることを特徴とする複合材料の製造方法。

【請求項22】請求項8～21のいずれか1項に記載の複合材料の製造方法において、

前記金属を含浸させる前の前記焼結体の開気孔率が 10% ～ 35% であることを特徴とする複合材料の製造方法。

【請求項23】請求項8～22のいずれか1項に記載の複合材料の製造方法において、

前記焼結体は、予め $1\sim 10\text{ vol}\%$ のNiめっきが施されていることを特徴とする複合材料の製造方法。

【請求項24】請求項12記載の複合材料の製造方法において、

前記含浸工程は、前記焼結体と前記金属とを互いに非接

4

触状態で負圧又は常圧状態にする工程と、

前記焼結体と前記金属とを負圧又は常圧下で所定温度まで加熱し、前記金属を熔融する工程と、

前記熔融金属を加圧状態におく工程と、

前記加圧下の熔融金属と前記負圧又は常圧下の焼結体とを、速やかに接触させかつ加圧状態におき、加圧下で前記焼結体中に前記熔融金属を含浸させる工程とを有し、前記冷却工程は、前記熔融金属が含浸された前記焼結体を前記加圧下で冷却することを特徴とする複合材料の製造方法。

【請求項25】請求項24記載の複合材料の製造方法において、

負圧又は常圧下に、非接触状態で加熱処理した焼結体と熔融金属とを、ともに加圧状態におき、その後速やかに接触させて前記焼結体中に前記金属を含浸させることを特徴とする複合材料の製造方法。

【請求項26】請求項12記載の複合材料の製造方法において、

前記含浸工程は、前記焼結体と前記金属とを、多孔質フィルターによって2室に仕切られた同一の容器の上下の室にそれぞれ配置し、各室を負圧又は常圧状態とする工程と、

上下両室を負圧又は常圧下で所定温度まで加熱し、前記金属を熔融する工程と、

前記上室を加圧状態におく工程と、

前記加圧下の上室の熔融金属を前記多孔質フィルターを通して下室へ浸透させて、負圧又は常圧下の前記焼結体と速やかに接触させた後、下室を加圧状態として、加圧下の前記焼結体中に前記熔融金属を含浸させる工程とを有し、

前記冷却工程は、前記下室の前記熔融金属が含浸された前記焼結体を、前記加圧状態下で冷却することを特徴とする複合材料の製造方法。

【請求項27】請求項12記載の複合材料の製造方法において、

前記含浸工程は、前記焼結体と前記金属とを、多孔質フィルターによって2室に仕切られた同一の容器の上下の室にそれぞれ配置し、各室を負圧又は常圧状態とする工程と、

上下両室を負圧又は常圧下で所定温度まで加熱し、前記金属を熔融する工程と、

前記上下両室を加圧状態におく工程と、

前記加圧下の上室の圧力を下室の圧力よりも更に高くし、熔融金属を前記多孔質フィルターを通して下室へ浸透させて前記焼結体と速やかに接触させた後、加圧下の前記焼結体中に前記熔融金属を含浸させる工程とを有し、

前記冷却工程は、下室の前記熔融金属が含浸された前記焼結体を、前記加圧下で冷却することを特徴とする複合材料の製造方法。

【請求項28】請求項24～27のいずれか1項に記載の複合材料の製造方法において、

基材となる焼結体に少なくとも銅を含む金属を含浸処理するに際し、加圧状態におく工程を上下双方からのプレス処理により行うとともに、冷却工程を下室周辺からの間接冷却処理により行うことを特徴とする複合材料の製造方法。

【請求項29】請求項8記載の複合材料の製造方法において、

前記第5の工程は、基材となる焼結体と少なくとも銅を含む金属を負圧又は常圧下で接触させ、加熱処理して前記金属を溶融し、その後、加圧状態において速やかに前記焼結体中に前記金属を含浸させる含浸工程と、少なくとも前記金属が含浸された前記焼結体を冷却する冷却工程とを有することを特徴とする複合材料の製造方法。

【請求項30】請求項29記載の複合材料の製造方法において、

前記含浸工程は、前記焼結体と前記金属とを互いに接触させた状態で負圧又は常圧状態におく工程と、

前記焼結体と前記金属とを負圧又は常圧下で所定温度まで加熱し、前記金属を溶融する工程と、

前記溶融金属を加圧状態におく工程と、

前記加圧下の溶融金属と前記負圧又は常圧下の多孔質焼結体とを、速やかに接触させ、かつ、加圧状態におき、加圧下で前記焼結体中に前記溶融金属を含浸させる工程とを有し、

前記冷却工程は、前記溶融金属が含浸された前記焼結体を前記加圧下で冷却することを特徴とする複合材料の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、無機物質に金属が含浸された複合材料及びその製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】一般に、半導体装置にとって熱は大敵であり、内部温度が最大許容接合温度を越えないようにしなければならない。また、パワートランジスタや半導体整流素子等の半導体装置では、動作面積当たりの消費電力が大きいため、半導体装置のケース（パッケージ）やリードから放出される熱量だけでは、発生熱量を放出しきれず、装置の内部温度が上昇して熱破壊を引き起こすおそれがある。

【0003】この現象は、CPUを搭載した半導体装置においても同じであり、クロック周波数の向上に伴って動作時の発熱量が多くなり、放熱を考慮した熱設計が重要な事項となってきた。

【0004】前記熱破壊の防止等を考慮した熱設計においては、半導体装置のケース（パッケージ）に放熱面積の大きいヒートシンクを固着することを加味した素子設

計や実装設計が行われている。

【0005】前記ヒートシンク用の材料としては、一般に、熱伝導度の良好な銅やアルミニウム等の金属材料が使用されている。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】近時、CPUやメモリ等の半導体装置においては、低消費電力を目的とした低電力駆動を図りながらも、素子の高集積化と素子形成面積の拡大化に伴って半導体装置自体が大型化する傾向にある。半導体装置が大型化すると、半導体基体（シリコン基板やGaAs基板）とヒートシンクとの熱膨張の差によって生じる応力が大きくなり、半導体装置の剥離現象や機械的破壊が生じるおそれがある。

【0007】これを防止するためには、半導体装置の低電力駆動の実現とヒートシンク材の改善が挙げられる。半導体装置の低電力駆動は、現在、電源電圧として、従来から用いられてきたTTLレベル（5V）を脱して、3.3V以下のレベルが実用化されている。

【0008】一方、ヒートシンクの構成材料としては、単に熱伝導度を考えるのみでなく、半導体基体であるシリコンやGaAsと熱膨張率がほぼ一致し、しかも、熱伝導度の高い材料の選定が必要となってきた。

【0009】ヒートシンク材の改善に関しては、多種多様の報告があり、例えば窒化アルミニウム（AlN）を使用した例や、Cu（銅）-W（タングステン）を用いた例などがある。AlNは、熱伝導性と熱膨張性のバランスに優れており、特にSiの熱膨張率とほぼ一致することから、半導体基体としてシリコン基板を用いた半導体装置のヒートシンク材として好適である。

【0010】また、Cu-Wは、Wの低熱膨張性とCuの高熱伝導性を兼ね備えた複合材料であり、しかも、機械加工が容易であることから、複雑な形状を有するヒートシンクの構成材料として好適である。

【0011】また、他の例としては、SiCを主成分とするセラミック基材に金属Cuを20～40体積%の割合で含有させたものや（従来例1：特開平8-279569号公報参照）、無機物質からなる粉末焼結多孔質体にCuを5～30wt%含浸させたもの（従来例2：特開昭59-228742号公報参照）などが提案されている。

【0012】前記従来例1に係るヒートシンク材は、SiCと金属Cuの圧粉体を成形してヒートシンクを作製するという粉体成形であるため、熱膨張率と熱伝導率はあくまでも理論的な値であり、実際の電子部品等で求められる熱膨張率と熱伝導率のバランスを得ることができないという問題がある。

【0013】従来例2に係るヒートシンク材は、無機物質からなる粉末焼結多孔質体に含浸されるCuの比率が低く、熱伝導度を高める上で限界が生じるおそれがある。

10

20

30

40

50

【0014】本発明はこのような課題を考慮してなされたものであり、実際の電子部品（半導体装置を含む）等で求められる熱膨張率と熱伝導率とのバランスに適合した特性を得ることができる複合材料及びその製造方法を提供することを目的とする。

【0015】また、本発明の他の目的は、潤滑性の向上を図ることができ、摺動材や軸受材等としても活用することができる複合材料及びその製造方法を提供することにある。

【0016】また、本発明の他の目的は、切削性の向上を図ることができ、ヒートシンクや摺動材料及び軸受材の精密加工を実現させることができる複合材料及びその製造方法を提供することにある。

【0017】

【課題を解決するための手段】まず、ヒートシンク材として最適な特性について説明すると、必要な熱膨張率としては、AlN等のセラミック基板やSi及びGaAs等の半導体基板の熱膨張率と合わせる必要から、室温から200℃までの平均熱膨張率として $4.0 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ ～ $9.0 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ の範囲が好適であり、必要な熱伝導率としては、現有のCu-W材と同等以上の要求を満たす必要から、180W/mK（室温）以上が好適である。

【0018】本発明に係る複合材料は、管状の連続した開孔が多数形成された無機物質と、該無機物質の前記開孔に含浸された少なくとも銅を含む金属からなるマトリクスとを有して構成されている。

【0019】即ち、管状に連続した開孔に銅を含む金属が含浸されて構成されることから、発生した熱を効率よく、開孔の銅を通じて外部に逃がすことができる。その結果、セラミック基板や半導体基板（シリコン、GaAs）等と熱膨張率がほぼ一致し、熱伝導性のよいヒートシンク材を得ることができる。

【0020】具体的には、室温から200℃までの平均熱膨張率が $4.0 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ ～ $9.0 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ で、かつ熱伝導率が180W/mK（室温）以上であるヒートシンク材を得ることができる。

【0021】また、複合材料は、無機物質に含浸された銅を含む金属の存在と、該金属が管状に形成された開孔に含浸されていることから、高い潤滑性を示すことになり、しかも、比抵抗も低くなることから、摺動材や軸受材等に適用することができる。

【0022】また、この複合材料は、銅を含む金属が管状の開孔に形成されていることから、無機物質のみよりも切削性が向上し、ヒートシンクや摺動材料及び軸受材の精密加工を実現させることができる。

【0023】前記ヒートシンク、摺動材及び軸受材等に適用させる場合においては、前記金属を含浸させる前の前記無機物質の開孔率を10%～35%とすることが好ましい。

【0024】そして、前記構成において、前記無機物質を、少なくとも炭素繊維の束と炭素繊維以外の炭素成分とを含有するヤーンが三次元的に組み合わせられ、これらヤーンが互いに分離しない程度に一体化されたヤーン集合体で構成し、前記開孔を前記ヤーン集合体において互いに隣接するヤーンの間に形成される隙間として構成してもよい。

【0025】ヤーン集合体において互いに隣接するヤーンの間に形成される隙間が管状の開孔を構成することになり、この開孔に銅を含む金属が含浸されることから、実際の電子部品（半導体装置を含む）等で求められる熱膨張率と熱伝導率とのバランスに適合した特性を得ることができ、しかも、潤滑性の向上を図ることができ、摺動材や軸受材等としても活用することができる。また、切削性の向上を図ることができ、ヒートシンクや摺動材料及び軸受材の精密加工を実現させることができる。

【0026】また、前記構成において、それぞれ複数の前記ヤーンをほぼ平行に二次元的に配列してヤーン配列体を構成し、複数のヤーン配列体を積層してヤーン集合体を構成するようにしてもよい。

【0027】また、前記構成において、隣接する前記ヤーン配列体における各ヤーンの長手方向を互いに交差させるようにしてもよい。この交差角度としては、 0° よりも大きい角度であって、例えば 15° 、 30° 、 90° 、あるいはこれらの複合交差等があり、最も好ましくは 90° である。

【0028】前記構成において、前記マトリクスが前記無機物質の中で互いに連続することで三次元網目構造を形成するようにしてもよい。この構成により、1つのヤーン配列体でみれば、それぞれ平行に配列された多数の管状の開孔に銅を含む金属が含浸され、これら含浸された金属がヤーン配列体の積層方向にもつながった形態をとることになる。つまり、前記マトリクスが前記各ヤーン配列体に沿ってほぼ平行に二次元的に配列され、かつ、隣接する前記各ヤーン配列体中に含浸された前記マトリクスが互いに連続された形態となる。

【0029】その結果、熱がその三次元網目構造を伝わって外部に放出されることから、実際の電子部品（半導体装置を含む）等で求められる熱膨張率と熱伝導率とのバランスに適合した特性を得ることができる。また、潤滑性の向上を図ることができ、摺動材や軸受材等としても活用することができる。更に、切削性の向上を図ることができ、ヒートシンクや摺動材料及び軸受材の精密加工を実現させることができる。

【0030】次に、本発明に係る複合材料の製造方法は、多数本の炭素繊維と炭素粉体と有機バインダにて炭素繊維束を作製し、該炭素繊維束の周囲に樹脂製の被膜を形成してヤーン構成体を作製する第1の工程と、前記ヤーン構成体を多数配列させて配列体を作製する第2の工程と、前記配列体を積層させて積層体を作製する第3

の工程と、前記積層体を加圧焼成して管状の連続した開孔が多数形成された焼結体を作製する第4の工程と、前記焼結体の前記開孔に少なくとも銅を含む金属を含浸させる第5の工程とを有することを特徴とする。

【0031】これにより、①：実際の電子部品（半導体装置を含む）等で求められる熱膨張率と熱伝導率とのバランスに適合した特性を得ることができる複合材料、②：潤滑性の向上を図ることができ、摺動材や軸受材等としても活用することができる複合材料、③：切削性の向上を図ることができ、ヒートシンクや摺動材料及び軸受材の精密加工を実現させることができる複合材料を容易に作製することが可能となる。

【0032】前記第4の工程において、前記積層体をホットプレスで300～2000℃、常圧～500kgf/cm²の条件下で成形して成形体を作製し、該成形体を大気中で600～1200℃で焼成して前記焼結体を作製するようにしてもよい。

【0033】また、前記成形体を600～1200℃で炭化させ、1500～3000℃で黒鉛化して前記焼結体を作製するようにしてもよい。前記炭素繊維としては、ピッチ系炭素繊維及びPAN系炭素繊維のいずれか、あるいは双方を用いてもよい。

【0034】そして、前記第5の工程において、前記焼結体と少なくとも銅を含む金属とを互いに接触させない状態で加熱し、所定温度に達した段階で両者を接触させて直ちに高圧力を付与して、前記金属を前記焼結体中含浸させる含浸工程と、少なくとも前記金属が含浸された前記焼結体を冷却する冷却工程とを有するようにしてもよい。

【0035】ここで、含浸させようとする少なくとも銅を含む金属と、基材となる焼結体とを接触させないまま加熱するのは、前記金属中の銅以外の成分が、基材の炭素成分と加熱中に反応して、基材表面に金属の濡れ性にとって悪影響となる被膜を形成するのを阻止又は極力少なくする、あるいは反応物の生成による銅のもつ良好な熱伝導性の低下を阻止又は極力少なくするためである。

【0036】銅は、基材の炭素成分とは元々反応性が極めて低いため、前記含浸させようとする金属が純銅である場合は、銅と基材とを接触させたまま加熱し、銅を溶融させても問題はない。

【0037】このように、含浸させようとする少なくとも銅を含む金属を、基材となる焼結体と接触させないまま加熱し、溶融後直ちに接触加圧し、含浸後は速やかに冷却させることにより、一般に困難とされる焼結体への前記金属の含浸処理を容易に行うことができ、しかも、焼結体への前記金属の含浸率を向上させることができ、その結果、実際の電子部品（半導体装置を含む）等で求められる熱膨張率と熱伝導率とのバランスに適合した特性を有するヒートシンクの生産性を向上させることができる。

【0038】ここで、実際の電子部品（半導体装置を含む）等で求められる熱膨張率と熱伝導率とのバランスに適合した特性とは、室温から200℃までの平均熱膨張率が $2.0 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ ～ $9.0 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ で、かつ熱伝導率が180W/mK（室温）以上である。

【0039】また、前記製造方法によれば、潤滑性の向上を図ることができ、摺動材や軸受材等としても活用することができる複合材料や、切削性の向上を図ることができ、ヒートシンクや摺動材料及び軸受材の精密加工を実現させることができる複合材料を得ることができる。

【0040】前記含浸工程としては、前記焼結体と前記金属を同一の容器に入れ、前記金属を前記容器内の下方に配置した後、前記容器内を負圧又は常圧状態にする工程と、前記金属を加熱溶解して前記金属を溶融金属にする工程と、前記溶融金属が所定温度に到達した段階で、前記容器を転回して該容器内において前記溶融金属中に前記焼結体を浸漬させる工程と、前記容器内に含浸用ガスを導入して前記容器内を加圧することにより、前記溶融金属を焼結体中含浸させる工程とを有するようにしてもよい。

【0041】即ち、焼結体と該焼結体中含浸される前記金属を容器内に入れて密封し、真空引きした後、銅又は銅合金側を下方にして加熱する。前記金属が溶解して所定の温度に到達した段階で、容器を180°転回して上下を逆にするにより、前記金属を多孔質焼結体に接触させる。そして、容器内を高圧に加圧することにより、前記金属は焼結体中含浸されることになる。

【0042】また、前記含浸工程としては、予め溶融された前記金属と前記焼結体を同一の容器に入れ、前記溶融金属を前記容器内の下方に配置した後、該容器内を負圧又は常圧状態にする工程と、前記溶融金属が所定温度に到達した段階で、前記容器を転回して該容器内において前記溶融金属中に前記焼結体を浸漬させる工程と、前記容器内に含浸用ガスを導入して前記容器内を加圧することにより、前記溶融金属を焼結体中含浸させる工程とを有するようにしてもよい。

【0043】即ち、予め溶融させた前記金属を焼結体が設置された容器内に入れ、所定の温度に達した段階で、容器を180°転回して上下を逆にするにより、前記金属を焼結体に接触させる。そして、容器内を高圧に加圧することにより、前記金属は焼結体中含浸されることになる。

【0044】また、付与する圧力としては、10kgf/cm²以上、1000kgf/cm²以下であり、好ましくは50kgf/cm²以上、200kgf/cm²以下であり、更に好ましくは100kgf/cm²以上、150kgf/cm²以下である。

【0045】この場合、前記圧力の付与時間は10秒以上、30分以下であり、望ましくは2分以上、10分以下である。

【0046】また、前記所定温度は、含浸させようとする前記金属の融点より10℃～250℃高い温度であり、好ましくは前記融点より50℃～200℃高い温度である。この場合、焼結体に含浸させるべき前記金属の加熱は、1 Torr以下の真空中で行うことが好ましい。

【0047】なお、前記金属を含浸させる前の前記焼結体の開気孔率としては、10%～35%であることが好ましい。

【0048】また、前記焼結体には、予め1～10vol%のNiめっきを施すようにしてもよい。この場合、焼結体と前記金属との濡れ性が向上し、低圧力での含浸を実現させることができる。前記Niめっきの量は1～5vol%が望ましい。ここでいう、Niめっきとしては、例えばNi-PのめっきやNi-Bのめっきが含まれる。

【0049】そして、前記冷却工程としては、前記容器を転回して含浸後の前記焼結体と非含浸の残存溶融金属とを分離する工程と、前記容器内の前記含浸用ガスを抜き、速やかに冷却用ガスを導入して容器内を冷却する工程とを有するようにしてもよく、前記容器を転回して含浸後の前記焼結体と非含浸の残存溶融金属とを分離する工程と、前記容器を冷やし金に接触させることにより、前記容器内を冷却する工程とを有するようにしてもよい。

【0050】前記冷却工程における冷却速度は、含浸時の温度から800℃まで、-400℃/時間以上とすることが好ましく、より好ましくは-800℃/時間以上である。

【0051】また、前記含浸工程として、前記焼結体と前記金属とを互いに非接触状態で負圧又は常圧状態にする工程と、前記焼結体と前記金属とを負圧又は常圧下で所定温度まで加熱し、前記金属を溶融する工程と、前記溶融金属を加圧状態におく工程と、前記加圧下の溶融金属と前記負圧又は常圧下の焼結体とを、速やかに接触させかつ加圧状態におき、加圧下で前記焼結体中に前記溶融金属を含浸させる工程とを有するようにし、冷却工程において、前記溶融金属が含浸された前記焼結体を前記加圧下で冷却するようにしてもよい。

【0052】この場合、前記焼結体と前記金属とを十分に脱気しつつ加熱し、金属を溶融した後、速やかに接触しかつ加圧状態とし、更に加圧状態を冷却操作完了時まで保持することにより、前記焼結体に前記溶融金属を効率的に含浸することができる。

【0053】前記製造方法において、負圧又は常圧下に、非接触状態で加熱処理した焼結体と溶融金属とを、ともに加圧状態におき、その後速やかに接触させて前記焼結体中に前記金属を含浸させると好適である。

【0054】これにより、前記溶融金属とともに前記焼結体についても加圧状態下においた後に、接触、含浸操

作を行うことにより、両者を接触させる際の圧力低下を最小限にすることができ、含浸操作時の加圧状態を良好に保持できる。

【0055】また、前記含浸工程において、前記焼結体と前記金属とを、多孔質フィルターによって2室に仕切られた同一の容器の上下の室にそれぞれ配置し、前記容器を密封し、各室を負圧又は常圧状態とする工程と、上下両室を負圧又は常圧下で所定温度まで加熱し、前記金属を溶融する工程と、前記上室のみを加圧状態におく工程と、前記加圧下の上室の溶融金属を前記多孔質フィルターを通して下室へ浸透させて、負圧又は常圧下の前記焼結体と速やかに接触させた後、下室を加圧状態として、加圧下の前記焼結体中に前記溶融金属を含浸させる工程とを有するようにし、前記冷却工程において、前記下室の前記溶融金属が含浸された前記焼結体を、前記加圧状態で冷却するようにしてもよい。

【0056】この場合、多孔質フィルターを用いることにより、前記金属を配置した上室と前記焼結体を配置した下室とをそれぞれ独立して圧力制御できるため、所定の圧力制御機構を用いて迅速に減圧、加圧することができる。

【0057】前記下室の前記焼結体については、前記溶融金属を含浸する直前まで、負圧又は常圧状態に保持し、脱気することができる。更に前記溶融金属と前記焼結体との接触、含浸操作を多孔質フィルターを通して圧力制御によって簡単に行うことができる。また、この際、両室は予め圧力差を設けているため前記溶融金属を迅速にフィルター処理することができる。

【0058】ここで、多孔質フィルターについては、溶融金属が常圧下では浸透せずに加圧下で浸透する程度の多孔質を有するものであれば特に材料を限定するものではなく、好適にはカーボン布、ステンレス系のパンチングメタル又はアルミナ布等を用いることができる。

【0059】なお、含浸工程として、多孔質フィルターによって2室に仕切られた同一の容器の上下の室の圧力に関し、前記金属を配置した上室の圧力を前記焼結体を配置した下室より負圧にすることにより、溶融金属が多孔質フィルターを通過できないようにすれば、フィルターを用いる場合に、上記のように溶融金属と多孔質フィルターとの濡れ性を考慮する必要がなくなり、材料選定の自由度を向上させることができる。

【0060】また、前記含浸工程として、前記焼結体と前記金属とを、多孔質フィルターによって2室に仕切られた同一の容器の上下の室にそれぞれ配置し、前記容器を密封し、各室を負圧又は常圧状態とする工程と、上下両室を負圧又は常圧下で所定温度まで加熱し、前記金属を溶融する工程と、前記上下両室を加圧状態におく工程と、前記加圧下の上室の圧力を下室の圧力よりも更に高くし、溶融金属を前記多孔質フィルターを通して下室へ浸透させて前記焼結体と速やかに接触させた後、加圧下

の前記焼結体中に前記溶融金属を含浸させる工程とを有するようにし、前記冷却工程において、下室の前記溶融金属が含浸された前記焼結体を、前記加圧下で冷却するようにしてもよい。

【0061】この場合、前記溶融金属とともに前記焼結体についても加圧状態下においた後に、接触、含浸操作を行うことにより、両者を接触させる際の圧力低下を最小限にすることができ、含浸操作時の加圧状態を良好に保持できる。

【0062】本発明において、基材となる焼結体に少なくとも銅を含む金属を含浸処理するに際し、加圧状態とする工程を上下双方からのプレス処理により行うとともに、冷却工程を下室周辺からの間接冷却処理により行うようにすることができる。

【0063】この発明に係る製造方法により、圧力制御をより迅速に行うことができるとともに、含浸操作時の加圧状態を良好に保持することができる。

【0064】また、本発明に係る製造方法は、前記第5の工程において、基材となる焼結体と少なくとも銅を含む金属を負圧又は常圧下で接触させ、加熱処理して前記金属を溶融し、その後、加圧状態において速やかに前記焼結体中に前記金属を含浸させる含浸工程と、少なくとも前記金属が含浸された前記焼結体を冷却する冷却工程とを有する。

【0065】これにより、一般に困難とされる焼結体への前記金属の含浸処理を容易に行うことができ、しかも、焼結体への前記金属の含浸率を向上させることができる。その結果、①：実際の電子部品（半導体装置を含む）等で求められる熱膨張率と熱伝導率とのバランスに適合した特性を得ることができる複合材料、②：潤滑性の向上を図ることができ、摺動材や軸受材等としても活用することができる複合材料、③：切削性の向上を図ることができ、ヒートシンクや摺動材料及び軸受材の精密加工を実現させることができる複合材料を容易に作製することが可能となる。

【0066】そして、前記含浸工程として、前記焼結体と前記金属とを互いに接触させた状態で負圧又は常圧状態におく工程と、前記焼結体と前記金属とを負圧又は常圧下で所定温度まで加熱し、前記金属を溶融する工程と、前記溶融金属を加圧状態におく工程と、前記加圧下の溶融金属と前記負圧又は常圧下の焼結体とを、速やかに接触させ、かつ、加圧状態におき、加圧下で前記焼結体中に前記溶融金属を含浸させる工程とを有するようにし、前記冷却工程において、前記溶融金属が含浸された前記焼結体を前記加圧下で冷却するようにしてもよい。

【0067】

【発明の実施の形態】以下、本発明に係る複合材料及びその製造方法の実施の形態例を図1～図21を参照しながら説明する。

【0068】本実施の形態に係る複合材料200は、図

1に示すように、管状の連続した開孔202（図9参照）が多数形成された無機物質20と、該無機物質20の開孔202に含浸された少なくとも銅を含む金属からなるマトリクス206A及び206Bとを有して構成されている。

【0069】この無機物質20は、いわゆるC/Cコンポジットを基本とし、その基本的な構成に改善を加えた新しい概念の材料である。

【0070】C/Cコンポジットとしては、直径が10μm前後の炭素繊維を、通常、数百本～数万本束ねて繊維束を形成し、この繊維束を二次元または三次元方向に配列して一方向シート（UDシート）や各種クロスとしたり、また前記シートやクロスを積層することにより、所定形状の予備成形体（繊維プリフォーム）を形成し、この予備成形体の内部に、CVI法（Chemical Vapor Infiltration：化学的気相含浸法）や無機ポリマー含浸焼結法等により、炭素からなるマトリクスを形成して構成されたものが知られている。

【0071】本実施の形態は、無機物質20として特定の新規繊維複合材料を使用したものであり、この繊維複合材料は、母材としてC/Cコンポジットを用いており、その炭素繊維の構造が、破壊されることなく保持されているという大きな特徴を有している。

【0072】即ち、この実施の形態に係る複合材料200の無機物質20は、ヤーン集合体208を有して構成され、このヤーン集合体208は、複数のヤーン配列体1A～1Fが積層されて構成され、1つのヤーン配列体（例えば1A）は、直径10μm前後の炭素繊維が例えば数百本～数万本ほど束ねられてなる炭素繊維の束と炭素繊維以外の炭素成分とを含有するヤーン2Aが複数本ほどほぼ平行に二次元的に配列されて構成されている。

【0073】つまり、本実施の形態に係る複合材料200の無機物質20は、複数のヤーン配列体1A～1Fが一方向へと向かって積層された積層構造を有することになる。

【0074】この場合において、特に好ましくは、隣接するヤーン配列体（例えば1A及び1B）における各ヤーン2A及び2Bの長手方向が互いに交差していることである。この交差角度としては、0°よりも大きい角度であって、例えば15°、30°、90°、あるいはこれらの複合交差等があり、最も好ましくは90°である。

【0075】図2及び図3に基づいて説明すると、無機物質（繊維複合材料）20の骨格は、ヤーン集合体208によって構成されており、該ヤーン集合体208は、複数のヤーン配列体1A～1Fを上下方向に積層して構成されている。各ヤーン配列体1A～1Fにおいては、各ヤーン2A及び2Bがそれぞれ二次元的に配列されており、各ヤーン2A及び2Bの長手方向はそれぞれほぼ平行とされている。上下方向に隣り合う各ヤーン配列体

1A～1Fにおける各ヤーン、2A及び2Bの長手方向は直交している。

【0076】即ち、各ヤーン配列体1A、1C、1Eの各ヤーン2Aの長手方向は、互いに平行であり、かつ各ヤーン配列体1B、1D、1Fの各ヤーン2Bの長手方向に対して直交している。

【0077】そして、前記複数のヤーン配列体1A～1Fが一方向に積層されることによって、三次元格子形状のヤーン集合体208が構成される。各ヤーン2A及び2Bは、後述するような加圧成形工程において押しつぶされ、略楕円形になっている。

【0078】このような構成により、本実施の形態に係る複合材料200の無機物質20は、該無機物質20を構成するヤーン集合体208において互いに隣接するヤーン(2A、2A)及び(2B、2B)の間に隙間が形成されることになる。この隙間は、ヤーン2A及び2Bに沿って形成され、その始端から終端まで連続したいわゆる管状の開孔202(図9参照)を構成することになる。1つのヤーン配列体(例えば1A)に関する多数本の管状の開孔202は、更に、該ヤーン配列体(例えば2A)に隣接する別のヤーン配列体(例えば1B)に形成された多数の管状の開孔202にそれぞれ連通した状態となるため、開孔202は、無機物質20の中で互いに連続する三次元網目構造を形成することになる。

【0079】そして、この実施の形態に係る複合材料200は、前記無機物質20を構成するヤーン集合体208に形成された無数の管状の開孔202内に少なくとも銅を含む金属からなるマトリクス206A及び206Bが含浸されて構成されることになる。上述のように、開孔202自体が無機物質20の中で互いに連続する三次元網目構造を形成することになるため、含浸された少なくとも銅を含むマトリクス206A及び206Bも無機物質20中で三次元網目構造を有することになる。特に、隣接するヤーン配列体1A～1Fにおける各ヤーン2A及び2Bの交差角度が約90°である場合は、前記マトリクス206A及び206Bが三次元格子を形成することになる。

【0080】即ち、各ヤーン配列体1A、1C、1Eにおいては、隣り合う各ヤーン2Aの間隙にはマトリクス206Aが充填されており、各マトリクス206Aはヤーン2Aの表面に沿ってそれと平行に延びている。各ヤーン配列体1B、1D、1Fにおいては、隣り合う各ヤーン2Bの間隙にはマトリクス206Bが充填されており、各マトリクス206Bはヤーン2Bの表面に沿ってそれと平行に延びている。

【0081】各マトリクス206A及び206Bは、それぞれヤーン2A及び2Bの表面に沿って細長く、好ましくは直線状に延びており、各マトリクス206A及び206Bは隣接するヤーン配列体1A～1F間において互いに直交している。そして、ヤーン配列体1A、

1C、1Eにおけるマトリクス206Aと、これに直交するヤーン配列体1B、1D、1Fにおけるマトリクス206Bとは、それぞれヤーン2Aと2Bとの間隙部分で連続している。この結果、マトリクス206A及び206Bは、全体として、三次元格子を形成することになる。

【0082】ここで、隣り合う各ヤーン2A及び2Bの間隙には、マトリクス206A及び206Bが100%充填されていてもよいが、各ヤーン2A及び2Bの間隙のうち一部をマトリクス206A及び206Bが充填している場合も含む。また、ヤーン2A及び2B中の炭素繊維以外の炭素成分は、好ましくは炭素粉末であり、特に好ましくは黒鉛化した炭素粉末である。

【0083】このように、本実施の形態に係る複合材料200は、管状に連続した開孔202に少なくとも銅を含む金属からなるマトリクス206A及び206Bが含浸されて構成されることから、発生した熱を効率よく、開孔202のマトリクス206A及び206Bを通じて外部に逃がすことができる。その結果、セラミック基板や半導体基板(シリコン、GaAs)等と熱膨張率がほぼ一致し、熱伝導性のよいヒートシンク材を得ることができる。

【0084】具体的には、室温から200℃までの平均熱膨張率が $2.0 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ ～ $9.0 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ で、かつ熱伝導率が180W/mK(室温)以上であるヒートシンク材を得ることができる。

【0085】また、前記複合材料200は、無機物質20に含浸された少なくとも銅を含む金属からなるマトリクス206A及び206Bの存在と、該マトリクス206A及び206Bが管状に形成された開孔202に含浸されていることから、高い潤滑性を示すことになり、しかも、比抵抗も低くなることから、摺動材や軸受材等に適用させることができる。

【0086】また、この複合材料200は、少なくとも銅を含む金属からなるマトリクス206A及び206Bが管状の開孔202に形成されていることから、無機物質20のみよりも切削性が向上し、ヒートシンクや摺動材料及び軸受材の精密加工を実現させることができる。

【0087】前記ヒートシンク、摺動材及び軸受材等に適用させる場合においては、前記マトリクス206A及び206Bを含浸させる前の前記無機物質20の開気孔率を10%～35%とすることが好ましい。開気孔率の測定方法は以下のとおりである。(開気孔率の測定方法)

$$\text{開気孔率}(\%) = [(W3 - W1) / (W3 - W2)] \times 100$$

(アルキメデス法による)

乾燥重量(W1) : 100℃のオーブンで1hr乾燥させ、その後秤量

水中重量(W2) : 試料を煮沸し、開気孔中に完全に水

を侵入させて水中にて秤量

飲水重量(W3) : 開孔孔中に完全に水を侵入させた試料を大気中にて秤量

また、本実施の形態に係る複合材料200においては、図4の模式的断面図に示すように、各ヤーン(例えば2B)を構成する炭素繊維の部分にマトリクス206Bがほとんど存在せず、該炭素繊維の構造が、破壊されることなく保持されていることがわかる。これにより、無機物質の耐衝撃性、強度、高潤滑性、耐摩耗性を維持させることができる。

【0088】一般に、前記銅として、市販の純銅を用いた場合、熱伝導率が高く良好であるが、無機物質20(C/Cコンポジット)との濡れ性が悪く銅の含浸しない開孔202が残りやすいため、Be、Al、Si、Mg、Ti、Ni等の添加により含浸率を向上させることが望ましい。この場合、銅の成分が1%までの範囲で、Be、Al、Si、Mg、Ti、Niを1種類以上含み、かつ、Ag、Cd、Zn、Au、Pd、In、Ga、Pt、Cr、Ge、Rh、Sb、Ir、Co、As、Zr、Fe、Sn、Mn、P、Pb等の不可避の不純物、ガス成分を含んでいてもよい。但し、前記添加物の量が1%以上になると、熱伝導率の低下が大きくなり、添加による効果を得ることができなくなる。

【0089】ここでは、含浸させようとする銅に対する添加物を規定したが、被含浸物としての基材の炭素成分に種々の表面処理を施して濡れ性を高めてもよい。例えば、基材の炭素成分の表面にシリコン被膜を形成し、次いで、銅を含浸することにより、低圧では銅はシリコンに誘引(誘導)されて基材深くまで浸透する。このとき、シリコンが基材の炭素成分を不完全に被覆していても、銅を十分に基材深くまで誘引(誘導)するため、シリコンが存在しない場合に比してより低圧で、かつ、確実に銅を基材に含浸することができる。

【0090】次に、本実施の形態に係る複合材料200の製造方法について図5～図21を参照しながら説明する。

【0091】まず、図5に示すように、炭素繊維の束に対して、最終的にマトリクスとなる粉末状のバインダーピッチ、コークス類を包含させ、さらに必要に応じてフェノール樹脂粉末等を含有させることによって、炭素繊維の束300を作製する。その後、炭素繊維の束300の周囲に、熱可塑性樹脂からなる柔軟な皮膜を形成してヤーンを構成するための柔軟性中間材料(ヤーン構成体)302を得る。

【0092】その後、図6に示すように、複数本のヤーン構成体302をプラスチック製のひも304で結びながら二次元的に配列してヤーン配列体306を作製する(特願昭63-231791号明細書参照)。

【0093】その後、図7に示すように、複数のヤーン配列体306をそれぞれ交差させながら必要量を積層し

て1つの積層体308を作製する。

【0094】その後、図8に示すように、前記積層体308をホットプレス装置310内に投入する。このホットプレス装置310は、投入された積層体308を上下方向から加圧するための上型312及び下型314と、加圧過程にある積層体308に対して熱を与えるためのヒータ316を有して構成されている。

【0095】この実施の形態では、前記積層体308をホットプレス装置310内で温度300～2000℃(本例では600℃)、常圧～500kg/cm²(本例では300kg/cm²)の条件下で成形することによって図9に示す成形体20(無機物質)を得る。即ち、この段階で管状の開孔202が三次元網目状に形成された成形体20が作製されることになる。

【0096】その後の含浸処理工程に投入するワークとしては、前記成形体20としてもよいし、この成形体20を、必要に応じて700～1200℃で炭化させた焼結体でもよい。また、成形体20を1500～3000℃で黒鉛化させた焼結体、あるいは前記炭化された焼結体を1500～3000℃で黒鉛化させた焼結体でもよい。従って、以下の説明では、図9に示す無機物質20を成形体又は焼結体20と記す。

【0097】ここで、前記炭素繊維は、石油ピッチもしくはコールタールピッチを原料とし、紡糸用ピッチの調整、熔融紡糸、不融化および炭素化して得られるピッチ系炭素繊維、並びにアクリロニトリル(共)重合体繊維を耐炭化および炭素化して得られるPAN系炭素繊維のいずれのものでもよい。

【0098】ヤーン構成体302のマトリクスの形成に必要な炭素前駆体としては、フェノール樹脂やエポキシ樹脂等の熱硬化性樹脂およびタール、ピッチ等が用いられるが、これらはコークス類、金属、金属化合物、無機および有機化合物を含んでいてもよい。

【0099】その後、後述する含浸処理工程を経て成形体又は焼結体20における管状の開孔202内に銅又は銅合金を含浸させて本実施の形態に係る複合材料200が作製される。

【0100】次に、含浸処理工程のいくつかの具体例について図10A～図21を参照しながら説明する。

【0101】まず、第1及び第2の具体例に係る含浸処理工程は共に、大きく分けて含浸工程と冷却工程とからなる。含浸工程は、基材となる成形体又は焼結体20と銅又は銅合金とを、互いに接触させない状態で加熱し、所定温度に達した段階で両者を接触させて直ちに高圧力を付与して、前記銅又は銅合金を前記成形体又は焼結体20中に含浸させる工程であり、冷却工程は、前記銅又は銅合金が含浸された前記成形体又は焼結体20を冷却する工程である。

【0102】まず、第1の具体例に係る含浸処理工程は、図10A及び図10Bにその一例を示すように、高

圧容器30を使用することによって行われる。この高压容器30は、角筒状の筐体32における両側板34及び36のほぼ中央部分にそれぞれ回転軸38が設けられて、該回転軸38を中心として筐体32自体が回転できるようにになっている。

【0103】筐体32内には、耐火容器40と該耐火容器40を加熱するためのヒータ42が設けられている。耐火容器40は、中空部44を有する角筒状の形状を有し、1つの側面における高さ方向中央部分に中空部44に連通する開口46が設けられている。中空部44のうち、開口46を中心として一方の中空部（以下、第1室44aと記す）には、含浸材料である銅又は銅合金22の塊、あるいは銅又は銅合金22の熔融金属が収容されるようになっている。他方の中空部（以下、第2室44bと記す）は、被含浸試料である成形体又は焼結体20が複数取り付けられるようになっており、第2室44bが上方に位置しても、成形体又は焼結体20が落下しないように成形体又は焼結体20の支持機構が設けられている。なお、ヒータ42は、 100kgf/cm^2 の高压力下でも破壊されない構造とされている。

【0104】また、前記高压容器30には、真空引きのための吸気管48と、高压力付与のためのガス及び冷却用ガスの導入管50及び導出管52が設けられている。

【0105】次に、前記高压容器30を用いた含浸工程と冷却工程について図11を参照しながら説明する。含浸工程は、以下の工程を踏むことにより行われる。

【0106】まず、高压容器30を初期状態にして、高压容器30内に設けられている耐火容器40の第1室44aを下方に位置させる（ステップS1）。

【0107】その後、成形体又は焼結体20と銅又は銅合金22の塊を高压容器30の耐火容器40内に入れ、銅又は銅合金22の塊を耐火容器40の第1室44a内に配置し、成形体又は焼結体20を第2室44bにセットする（ステップS2）。その後、高压容器30（及び耐火容器40）を密封した後、吸気管48を通じて高压容器30内の真空引きを行って該高压容器30内を負圧状態にする（ステップS3）。

【0108】その後、ヒータ42に通電して第1室44aの銅又は銅合金22を加熱溶解する（ステップS4）。以下の説明では、加熱溶解された銅又は銅合金22を便宜的に「熔融銅」と記す。

【0109】その後、第1室44a内の熔融銅が所定温度に達した段階で、高压容器30を 180° 転回させる（ステップS5）。この転回動作によって、第1室44aが上方に位置することから、第1室44a内の熔融銅は、自重によって下方に位置する第2室44b内に落下し、この段階で、熔融銅に成形体又は焼結体20が浸された状態となる。

【0110】その後、ガス導入管50を通じて高压容器30内に含浸用ガスを導入して、該高压容器30内を加

圧する（ステップS6）。この加圧処理によって、前記熔融銅は成形体又は焼結体20の開気孔部に含浸することとなる。

【0111】前記含浸工程が終了した時点で直ちに冷却工程に移行する。この冷却工程は、まず、前記高压容器30を再び 180° 転回させる（ステップS7）。この転回動作によって、第1室44aが下方に位置することから、第2室44b内の熔融銅は、再び第1室44a内に落下することになる。前記ステップS6での加圧処理（含浸処理）によって、熔融銅の一部が成形体又は焼結体20の開気孔中に含浸されていることから、下方に位置する第1室44aに落下する熔融銅は成形体又は焼結体20に含浸されなかった残存熔融銅である。残存熔融銅が第1室44a内に落下した段階で、第2室44bには熔融銅が含浸された成形体又は焼結体20が残ることとなる。

【0112】その後、ガス導出管52を通じて高压容器30内の含浸用ガスを排気すると同時に、ガス導入管50を通じて冷却用ガスを高压容器30内に導入する（ステップS8）。この含浸用ガスの排気と冷却用ガスの導入によって、冷却用ガスが高压容器30内を満遍なく循環し、高压容器30は急速に冷却される。この速やかな冷却によって、前記成形体又は焼結体20に含浸された熔融銅が、急速に銅又は銅合金22の塊に固化して体積膨張することから、含浸された銅又は銅合金22は成形体又は焼結体20に強固に保持される。

【0113】他の冷却工程としては、図11において一点鎖線の枠内に示すように、前記ステップS7での処理が終了した段階で、高压容器30、あるいは熔融銅が含浸された成形体又は焼結体20を冷やし金に接触させる（ステップS9）。この冷やし金への接触によって成形体又は焼結体20は急速に冷却されることになる。この冷却過程においては、冷やし金を水冷しながら行うようにしてもよいし、冷やし金を加熱体から離れた場所に設置して行うようにしてもよい。特に、押湯効果を考えて冷却した方がよい。

【0114】このように、前記含浸工程及び冷却工程を踏むことにより、一般に困難とされる成形体又は焼結体20への銅又は銅合金22の含浸処理を容易に行うことができ、しかも、成形体又は焼結体20への銅又は銅合金22の含浸率を向上させることができ、実際の電子部品（半導体装置を含む）等で求められる熱膨張率と熱伝導率とのバランスに適合した特性、即ち、室温から 200°C までの平均熱膨張率が $2.0 \times 10^{-6}/^\circ\text{C} \sim 9.0 \times 10^{-6}/^\circ\text{C}$ で、かつ熱伝導率が 180W/mK （室温）以上を有するヒートシンク10の生産性を向上させることができる。

【0115】また、動摩擦係数が $0.1 \sim 0.03$ と低く、高い潤滑性を示し、比抵抗も低くなることから、摺動材や軸受材等に適用させることができる。更に、切削

性が向上することから、ヒートシンクや摺動材料及び軸受材あるいは自動車エンジン内のピストン等の摺動部品の精密加工を実現させることができる。

【0116】前記ステップS4において、ヒータ42に通電して第1室44aの銅又は銅合金22を加熱溶解する場合に、ステップS5に移行する所定温度（加熱温度）は、銅又は銅合金22の融点より10℃～250℃高い温度がよく、好ましくは前記融点より50℃～200℃高い温度が望ましい。この場合、高压容器30内を1 Torr以下の真空にしておくことが好ましい。

【0117】また、前記ステップS6において、高压容器30内に含浸用ガスを導入することによって高压容器30に付与する圧力としては、10 kgf/cm²以上、1000 kgf/cm²以下とする。この場合、50 kgf/cm²以上、200 kgf/cm²以下が好ましく、より好ましくは100 kgf/cm²以上、150 kgf/cm²以下である。

【0118】また、高压容器30への圧力の付与時間は10秒以上、30分以下がよく、望ましくは2分以上、10分以下が好ましい。

【0119】なお、成形体又は焼結体20の気孔としては、平均直径が5 μm～200 μmのものが90%以上存在し、かつ、気孔率が10 vol%～35 vol%であることが望ましい。

【0120】そして、成形体又は焼結体20と銅又は銅合金22との濡れ性の向上を図って、成形体又は焼結体20に予め1～10 vol%、望ましくは3～5 vol%のNiめっきを施すことが好ましい。この場合、低圧力での含浸を実現させることができる。ここでいう、Niめっきとしては、例えばNi-PのめっきやNi-Bのめっきが含まれる。

【0121】そして、前記成形体又は焼結体20に予め1～10 vol%のNiめっきを施すことに関連して、成形体又は焼結体20に予めパラジウムめっきを施すようにしてもよい。この場合、前記パラジウムめっきに加えて、NiやSiとの複合めっきを施すことも可能である。

【0122】一方、冷却工程における冷却速度は、含浸時の温度から800℃までの期間において、-400℃/時間以上とすることが好ましく、より好ましくは-800℃/時間以上が望ましい。

【0123】前記ステップS6において、高压容器30に付与する圧力は、成形体又は焼結体20の開気孔部に銅又は銅合金22を完全に含浸させるために必要な圧力である。この場合、成形体又は焼結体20に銅又は銅合金22が含浸されていない開気孔が残存すると、熱伝導性を著しく阻害するため、高い圧力を付与することが必要となる。

【0124】この圧力はその概略を Washburn の式によって推定できるが、気孔径が小さいほど大きな力を必要

とする。例えば、0.1 μmφのとき400 kgf/cm²、1.0 μmφのとき40 kgf/cm²、10 μmφのとき4 kgf/cm²の圧力をそれぞれ必要とする。

【0125】このとき、成形体又は焼結体20と銅又は銅合金22とが高温で直接接触する時間を短縮することが必要である。第1の処理条件（高压容器30に付与する圧力=10 kgf/cm²以上、1000 kgf/cm²以下）、第2の処理条件（加熱温度=銅又は銅合金22の融点より10℃～250℃高い温度）、又は第3の処理条件（成形体又は焼結体20に予め1～10 vol%のNiめっきを施す）を満足させることにより、成形体又は焼結体20と銅又は銅合金22との接触時間を短くすることができる。

【0126】また、成形体又は焼結体20と銅又は銅合金22との濡れ性が悪い場合、銅又は銅合金22を十分に含浸させるには高圧力をかけることが必要である。第3の処理条件（成形体又は焼結体20に予め1～10 vol%のNiめっきを施す）、又は第4の処理条件（成形体又は焼結体20に予めSiを1～10 vol%含浸させる）を行うことにより成形体又は焼結体20の気孔表面が改質され、成形体又は焼結体20と銅又は銅合金22との濡れ性が良好となるため、より低圧力でより細かい気孔にまで銅又は銅合金22を含浸させることができる。

【0127】次に、第1の具体例に係る含浸処理工程の含浸工程について、いくつかの変形例を図12及び図13を参照しながら説明する。

【0128】第1の変形例に係る含浸工程は、図12に示すように、まず、高压容器30を初期状態にして、高压容器30内に設けられている耐火容器40の第1室44aを下方に位置させる（ステップS101）。

【0129】その後、成形体又は焼結体20を第2室44bにセットし、予め熔融された銅又は銅合金（熔融銅）22を第1室44a内に流し込む（ステップS102）。

【0130】その後、第1室44a内の熔融銅が所定温度に達した段階で、高压容器30を180度転回させる（ステップS103）。この転回動作によって、第1室44a内の熔融銅が下方に位置する第2室44bに落下し、この段階で、熔融銅に成形体又は焼結体20が浸された状態となる。

【0131】その後、ガス導入管50を通じて高压容器30内に含浸用ガスを導入して、該高压容器30内を加圧する（ステップS104）。この加圧処理によって、前記熔融銅は成形体又は焼結体の開気孔部中に含浸することとなる。

【0132】次に、第2の変形例に係る含浸工程について説明すると、この第2の変形例に係る含浸工程は、高压容器30内に設置されている耐火容器40の内部中央

10

20

30

40

50

部分に、多孔質セラミック材からなる仕切板（図示せず）が設けられた高压容器 30 を用いる。耐火容器 40 内は、前記仕切板によって第 1 室 44a と第 2 室 44b とに仕切られることになる。

【0133】前記仕切板としては、気孔率が 40%～90% で、かつ気孔径が 0.5mm～3.0mm である多孔質セラミック材を用いることが望ましく、より好ましくは気孔率が 70%～85% で、かつ気孔径が 1.0mm～2.0mm である多孔質セラミック材を用いることが望ましい。

【0134】そして、この第 2 の変形例に係る含浸工程は、図 13 に示すように、まず、高压容器を初期状態にして、高压容器内に設けられている耐火容器 40 の第 1 室 44a を下方に、第 2 室 44b を上方に位置させる（ステップ S201）。

【0135】その後、成形体又は焼結体 20 と銅又は銅合金 22 の塊を高压容器 30 の耐火容器 40 内に入れ、銅又は銅合金 22 の塊を上方に位置する第 2 室 44b 内に配置し、成形体又は焼結体 20 を下方に位置する第 1 室 44a にセットする（ステップ S202）。

【0136】その後、高压容器 30（及び耐火容器 40）を密封した後、吸気管 48 を通じて高压容器 30 内の真空引きを行って該高压容器 30 内を負圧状態にする（ステップ S203）。

【0137】その後、ヒータ 42 に通電して第 2 室 44b の銅又は銅合金 22 を加熱溶解する（ステップ S204）。前記溶解銅が所定温度に達した段階で、ガス導入口 50 を通じて高压容器 30 内に含浸用ガスを導入して、該高压容器 30 内を加圧する（ステップ S205）。この加圧処理によって、上方に位置する第 2 室 44b 内の溶解銅は、仕切板を通過し、下方に位置する第 1 室 44a 内の成形体又は焼結体 20 の開気孔部中に含浸されることになる。

【0138】次に、第 2 の具体例に係る含浸処理工程について図 14～図 19 を参照しながら説明する。

【0139】この第 2 の具体例に係る含浸処理工程は、具体的には図 14 にその一例を示すように、ホットプレス炉 60 を使用することによって行われる。このホットプレス炉 60 は、筒状の筐体 62 内に、基台を兼ねる下パンチ 64 と、該下パンチ 64 上に固定された上面開口の耐火容器 66 と、該耐火容器 66 内に上方から進退自在とされた上パンチ 68 と、前記耐火容器 66 を加熱するためのヒータ 70 が設けられている。なお、このホットプレス炉 60 には、真空引きのための吸気管 72 が設けられている。

【0140】前記耐火容器 66 は、中空部 74 を有する筒状の形状を有する。上パンチ 68 は、その側面に、該上パンチ 68 の行程を決定するフランジ部 76 が設けられ、該フランジ部 76 の下面には、前記耐火容器 66 の上周面と接触して耐火容器 66 を密閉状態にするための

パッキン 78 が取り付けられている。一方、下パンチ 64 の内部には、耐火容器 66 内を加熱するための加熱用流体や耐火容器 66 内を冷却するための冷却用流体を流通させるための通路 80 が設けられている。

【0141】そして、第 2 の具体例に係る含浸処理工程は、図 15 に示す工程を踏むことにより行われる。

【0142】まず、耐火容器 66 の中空部 74 内に、下から成形体又は焼結体 20、多孔質セラミック製のフィルタ 54、銅又は銅合金 22 の塊の順で投入する（ステップ S301）。フィルタ 54 としては、気孔率が 40%～90% で、かつ気孔径が 0.5mm～3.0mm である多孔質セラミック材を用いることが望ましく、より好ましくは気孔率が 70%～85% で、かつ気孔径が 1.0mm～2.0mm である多孔質セラミック材を用いることが望ましい。

【0143】また、前記フィルタ 54 は、成形体又は焼結体 20 と銅又は銅合金 22 の塊とを仕切って両者を非接触状態におく仕切板としての機能を果たし、中空部 74 のうち、フィルタ 54 上の銅又は銅合金 22 の塊がセットされた部分を上室 74a、フィルタ 54 下の成形体又は焼結体 20 がセットされた部分を下室 74b として定義することができる。

【0144】次に、吸気管 72 を通じて耐火容器 66 内の真空引きを行って該耐火容器 66 の両室 74a 及び 74b 内を負圧状態にする（ステップ S302）。

【0145】その後、ヒータ 70 に通電して上室 74a 内の銅又は銅合金 22 を加熱溶解する（ステップ S303）。このとき、前記ヒータ 70 への通電と併せて下パンチ 64 の通路 80 内に加熱用流体を流して耐火容器 66 の内部を加熱するようにしてもよい。

【0146】上室 74a 内の銅又は銅合金 22 の溶解物（溶解銅）が所定温度に達した段階で、上パンチ 68 を下方に移動させて上室内を所定圧まで加圧する（ステップ S304）。このとき、上パンチ 68 のフランジ部 76 に取り付けられたパッキン 78 と耐火容器 66 の上周面との接触及び互いの押圧により、耐火容器 66 が密封され、内部の溶解銅が耐火容器 66 の外に漏れるという不都合が有効に防止される。

【0147】所定圧になった上室 74a 内の銅又は銅合金 22 の溶解物（溶解銅）は上室 74a 内の圧力によってフィルタ 54 を通して下室 74b 側に押し出されて該下室 74b 内に導入されると同時に、該下室 74b 内に設置された成形体又は焼結体 20 に含浸される。

【0148】時間管理によって予め設定されている終点（成形体又は焼結体 20 内への溶解銅の含浸が飽和状態とされた時点）となった段階において、今度は、下パンチ 64 内の通路 80 に冷却用流体を流して耐火容器 66 を下方から上方に向かって冷却させることにより（ステップ S305）、成形体又は焼結体 20 に含浸された溶解銅を凝固させる。凝固が完了するまで上パンチ 68 と

下パンチ 64 による耐火容器 66 内の加圧状態は保持される。

【0149】凝固が完了した時点で、銅又は銅合金 22 が含浸された成形体又は焼結体 20 を耐火容器 66 から取り出す（ステップ S306）。

【0150】この製造方法においては、成形体又は焼結体 20 と銅又は銅合金 22 とを十分に脱気しつつ加熱し、銅又は銅合金 22 を熔融した後、速やかに成形体又は焼結体 20 に接触させ、かつ、これらを加圧状態とし、更にその加圧状態を冷却操作完了時まで保持するようにしたので、成形体又は焼結体 20 に銅又は銅合金 22 を効率的に含浸することができる。前記例では含浸処理を負圧下で行うようにしたが、常圧下で行ってもよい。

【0151】このように、熔融銅と成形体又は焼結体 20 を共に加圧状態下においた後に、互いに接触させて、含浸処理を行うようにしたので、両者を接触させる際の圧力低下を最小限にすることができ、含浸処理時における加圧状態を良好に保持させることができる。

【0152】前記例では、熔融銅の漏れを防止するために、上パンチ 68 におけるフランジ部 76 の下面にパッキン 78 を設けるようにしたが、図 14 の二点鎖線で示すように、耐火容器 66 の上周面にパッキン 78 を設けるようにしてもよい。また、図 16A 及び図 16B に示すように、リング状の割型パッキン 100 を 2 枚重ねにしたパッキン部材 102 を、図 17 に示すように、上パンチ 68 の下部に設けるようにしてもよい。この場合、パッキン部材 102 の中空部 104 に熔融銅が入り込むことにより各割型パッキン 100 の直径が拡大し、結果的に上室 74a が密封されて熔融銅の漏れが防止されることになる。

【0153】次に、第 2 の具体例に係る含浸処理工程の変形例について図 18 及び図 19 を参照しながら説明する。なお、図 14 と対応するものについては同符号を付してその重複説明を省略する。

【0154】この変形例に係る含浸処理工程においては、ホットプレス炉 60 として、図 18 に示すように、耐火容器 66 における中空部 74 の高さ方向中央部に多孔質セラミックにて構成されたフィルタ部材 110 が固着され、下室 74b の側面に扉 112 が開閉自在に取り付けられたものが使用される。従って、耐火容器 66 の中空部 74 のうち、フィルタ部材 110 よりも上の部分が上室 74a となり、フィルタ部材 110 よりも下の部分が下室 74b となる。特に、下室 74b に取り付けられた扉 112 に関しては、該扉 112 を閉じたときに下室 74b が密封されるような構造が採用される。

【0155】そして、この変形例に係る含浸処理工程は、図 19 に示す工程を踏むことにより行われる。

【0156】まず、耐火容器 66 の上室 74a 内に銅又は銅合金 22 の塊を投入し、下室 74b の扉 112 を開

いて該下室 74b 内に成形体又は焼結体 20 を投入する（S401）。

【0157】次に、扉 112 を閉じて下室 74b を密封し、更にホットプレス炉 60 を密封した後、吸気管 72 を通じて耐火容器 66 内の真空引きを行って該耐火容器 66 の両室 74a 及び 74b 内を負圧状態にする（ステップ S402）。

【0158】その後、ヒータ 70 に通電して上室 74a 内の銅又は銅合金 22 を加熱溶解する（ステップ S403）。この場合も前記ヒータ 70 への通電と併せて下パンチ 64 の通路 80 内に加熱用流体を流して耐火容器 66 の内部を加熱するようにしてもよい。

【0159】上室 74a 内の銅又は銅合金 22 の溶解物（熔融銅）が所定温度に達した段階で、上パンチ 68 を下方に移動させて上室 74a 内を所定圧まで加圧する（ステップ S404）。

【0160】所定圧になった上室 74a 内の銅又は銅合金 22 の溶解物（熔融銅）は上室 74a 内の圧力によってフィルタ部材 110 を通して下室 74b 側に押し出されて該下室 74b 内に導入されると同時に、該下室 74b 内に設置された成形体又は焼結体 20 に含浸される。

【0161】時間管理によって予め設定されている終点となった段階において、今度は、下パンチ 64 内の通路 80 に冷却用流体を流して耐火容器 66 を下方から上方に向かって冷却させることにより（ステップ S405）、成形体又は焼結体 20 に含浸された熔融銅を凝固させる。

【0162】凝固が完了した時点で、銅又は銅合金 22 が含浸された成形体又は焼結体 20 を耐火容器 66 から取り出す（ステップ S406）。

【0163】この変形例に係る含浸処理工程においても、第 2 の具体例に係る含浸処理工程と同様に、成形体又は焼結体 20 に銅又は銅合金 22 を効率的に含浸することができる。また、この場合も、熔融銅と成形体又は焼結体 20 を共に加圧状態下においた後に、互いに接触させて、含浸処理を行うようにしているため、両者を接触させる際の圧力低下を最小限にすることができ、含浸処理時における加圧状態を良好に保持させることができる。前記例では、負圧下で含浸処理を行うようにしたが、常圧下で行ってもよい。

【0164】次に、第 3 の具体例に係る含浸処理工程について図 20 及び図 21 を参照しながら説明する。なお、図 14 と対応するものについては同符号を記してその重複説明を省略する。

【0165】この第 3 の具体例に係る含浸処理工程は、前記第 2 の具体例に係る含浸処理工程と原理的にはほぼ同じであるが、含浸工程において、成形体又は焼結体 20 と銅又は銅合金 22 とを負圧下又は常圧下で接触させ、加熱処理して前記銅又は銅合金 22 を熔融する点で異なる。

10

20

30

40

50

【0166】具体的には、図20に示すように、第2の具体例に係る含浸処理工程にて使用されるホットプレス炉60の耐火容器66内にフィルタ54を投入せずに、下からSiC20、銅又は銅合金22の順で投入する点で異なる。

【0167】そして、第3の具体例に係る含浸処理工程は、図21に示す工程を踏むことにより行われる。

【0168】まず、耐火容器66の中空部74内に、下から成形体又は焼結体20、銅又は銅合金22の塊の順で投入する(ステップS501)。

【0169】次に、ホットプレス炉60を密封した後、吸気管72を通じて耐火容器66内の真空引きを行って該耐火容器66内を負圧状態にする(ステップS502)。

【0170】その後、ヒータ70に通電して耐火容器66内の銅又は銅合金22を加熱溶解する(ステップS503)。このとき、前記ヒータ70への通電と併せて下パンチ64の通路80内に加熱用流体を流して耐火容器66の内部を加熱するようにしてもよい。

【0171】耐火容器66内の銅又は銅合金22の溶解物(熔融銅)が所定温度に達した段階で、上パンチ68を下方に移動させて耐火容器66内を所定圧まで加圧する(ステップS504)。

【0172】所定圧になった銅又は銅合金22の溶解物(熔融銅)は耐火容器66内の圧力によって成形体又は焼結体20に含浸される。

【0173】時間管理によって予め設定されている終点(SiC20内への熔融銅の含浸が飽和状態とされた時点)となった段階において、今度は、下パンチ64内の通路80に冷却用流体を流して耐火容器66を下方から上方に向かって冷却させることにより(ステップS505)、SiC20に含浸された熔融銅を凝固させる。凝固が完了するまで上パンチ68と下パンチ64による耐火容器66内の加圧状態は保持される。

【0174】凝固が完了した時点で、銅又は銅合金22が含浸された成形体又は焼結体20を耐火容器66から取り出す(ステップS506)。

【0175】この製造方法においても、成形体又は焼結体20と銅又は銅合金22とを十分に脱気しつつ加熱し、銅又は銅合金22と成形体又は焼結体20とを接触させた状態で銅又は銅合金22を熔融した後、耐火容器66内を加圧状態とし、更にその加圧状態を冷却操作完了時まで保持するようにしたので、成形体又は焼結体20に銅又は銅合金22を効率的に含浸することができる。

【0176】前記例では、成形体又は焼結体20に含浸させる金属を銅又は銅合金22としたが、銅には不純物として、0.001wt%~0.1wt%のCa、Ag、Cd、Zn、Au、Pd、In、Ga、Pt、Cr、Ge、Rh、Sb、Ir、Co、As、Zr、F

e、Sn、Mn、P、Pb等やガス成分を含んでいてもよい。もちろん純銅でもよい。

【0177】また、成形体又は焼結体20として柔軟性中間材料であるヤーン構成体302を使用し、銅又は銅合金22の含浸、熔融と組み合わせると、成形体又は焼結体20において、ヤーンの間隙には細長い開気孔が残る傾向があり、この細長い開気孔に沿って銅又は銅合金22が成形体又は焼結体20の奥まで浸透し易い。

【0178】ここで、成形体又は焼結体20における銅又は銅合金22の濃度傾斜の調節は、成形体又は焼結体20の開気孔率及びその細孔径により行う。例えば、成形体又は焼結体20の表層から0.01~1.0mmで、銅又は銅合金22の濃度を他所よりも高める場合には、成形体又は焼結体20の当該所望高濃度部分における開気孔率を5~50%、平均細孔径を1μm以上とし、当該所望高濃度部分以外の部分の開気孔率及び平均細孔径を該高濃度部分以下とする。

【0179】好ましくは、成形体又は焼結体20の当該所望高濃度部分における開気孔率は10~50%、平均細孔径は10μm以上とし、当該所望高濃度部分以外の部分の開気孔率及び平均細孔径を該高濃度部分以下とする。

【0180】前記開気孔率を5%未満とすると、成形体又は焼結体20中のバインダが除去し難く、50%より大きくすると、所望部位以外の銅又は銅合金22の浸透が、銅又は銅合金22の量や、接触時間等の他の製造パラメータの制御範囲を超えて進行してしまうからである。

【0181】成形体又は焼結体20の開気孔率を、表面から内部に向かって小さくなるようにするには、バインダピッチの異なるプリフォームドヤーンからなる複数のプリフォームドシートを、内側から表層側に向かってバインダピッチが大きくなるように配置して成形することにより行う。

【0182】このように作られた銅又は銅合金22の濃度傾斜がある成形体又は焼結体20は、表面及び表面近傍で銅又は銅合金22の濃度が高いため、ヒートシンクに用いると熱の収集及び熱の放散に適し、かつ、内部はカーボンファイバ骨格の占める割合が高いため、熱的、機械的衝撃性に優れる。

【0183】なお、この発明に係る複合材料及びその製造方法は、上述の実施の形態に限らず、この発明の要旨を逸脱することなく、種々の構成を採り得ることはもちろんである。

【0184】

【発明の効果】以上説明したように、本発明に係る複合材料及びその製造方法によれば、カーボンファイバ骨格中に銅又は銅合金が均一分散しているため、熱的、機械的衝撃性に優れた構造材、部品ができるという効果が達成される。

【0185】また、本発明に係る複合材料及びその製造方法によれば、カーボン繊維と銅が主成分となり均一組成を構成しているため、摺動特性に優れた構造材、部品ができるという効果が達成される。

【図面の簡単な説明】

【図1】本実施の形態に係る複合材料の構成を概念的に示す斜視図である。

【図2】図1におけるⅠ-Ⅰ線上の断面図である。

【図3】図1におけるⅡ-Ⅱ線上の断面図である。

【図4】本実施の形態に係る複合材料の模式的断面図である。

【図5】ヤーンを構成するための柔軟性中間材料（ヤーン構成体）を示す斜視図である。

【図6】ヤーン配列体を示す斜視図である。

【図7】積層体を示す側面図である。

【図8】積層体をホットプレス装置内に投入した状態を示す説明図である。

【図9】作製された成形体（あるいは焼結体）を概念的に示す斜視図である。

【図10】図10Aは高圧容器の正面を一部破断して示す図であり、図10Bは高圧容器の側面を一部破断して示す図である。

【図11】本実施の形態に係る含浸処理工程を示す工程ブロック図である。

【図12】第1の変形例に係る含浸工程を示す工程ブロック図である。

【図13】第2の変形例に係る含浸工程を示す工程ブ

ック図である。

【図14】第2の具体例に係る含浸処理工程に使用されるホットプレス炉を示す概略構成図である。

【図15】第2の具体例に係る含浸処理工程を示す工程ブロック図である。

【図16】図16Aは割型のパッキン部材を示す平面図であり、図16Bは図16AにおけるA-A線上の断面図である。

【図17】第2の具体例に係る含浸処理工程に使用されるホットプレス炉の他の例を示す概略構成図である。

【図18】第2の具体例に係る含浸処理工程の変形例に使用されるホットプレス炉を示す構成図である。

【図19】第2の具体例に係る含浸処理工程の変形例を示す工程ブロック図である。

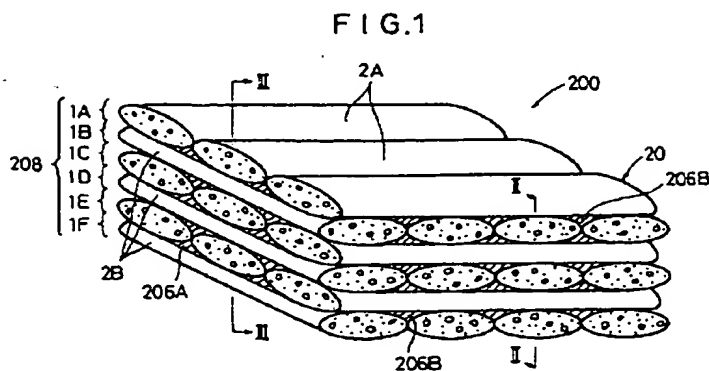
【図20】第3の具体例に係る含浸処理工程に使用されるホットプレス炉を示す構成図である。

【図21】第3の具体例に係る含浸処理工程を示す工程ブロック図である。

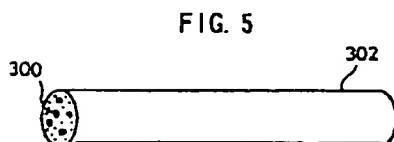
【符号の説明】

1A～1F…ヤーン配列体	2A、2B…ヤーン
20…無機物質（成形体又は焼結体）	200…複合材料
202…開孔	206A、206B…マトリクス
208…ヤーン集合体	302…ヤーン構成体
306…ヤーン配列体	308…積層体

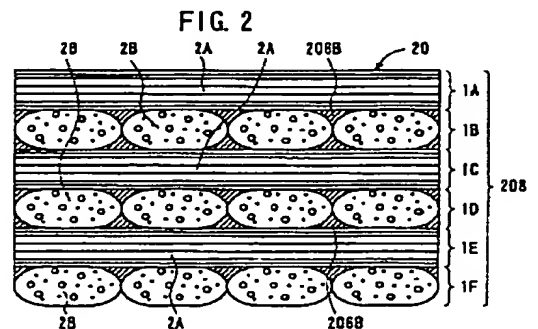
【図1】



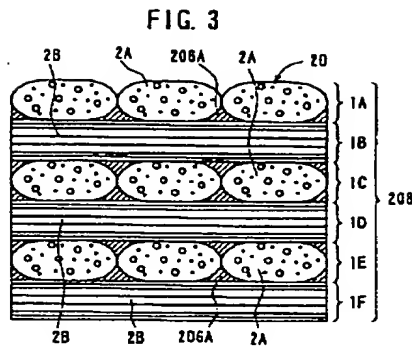
【図5】



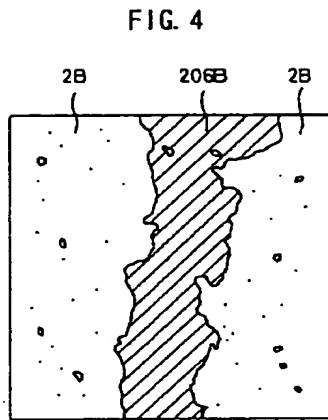
【図2】



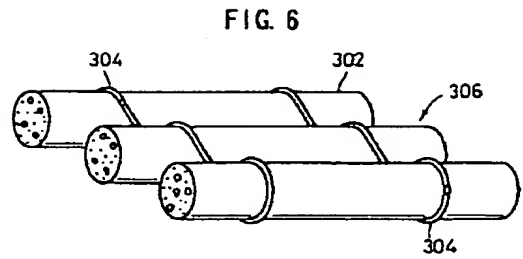
【図 3】



【図 4】

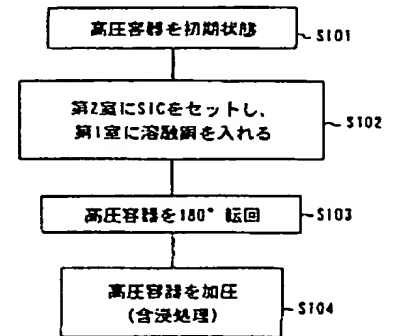


【図 6】



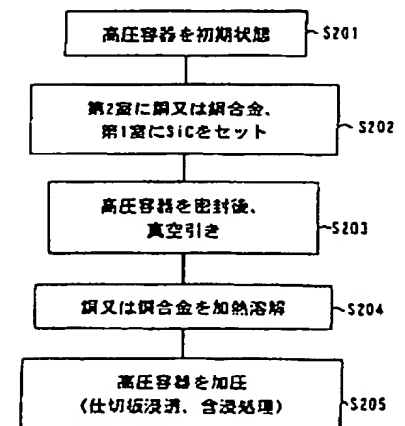
【図 12】

FIG. 12



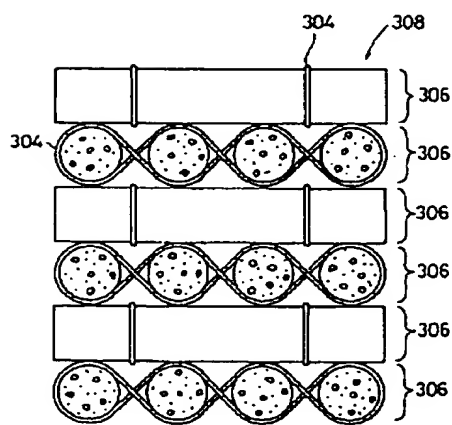
【図 13】

FIG. 13



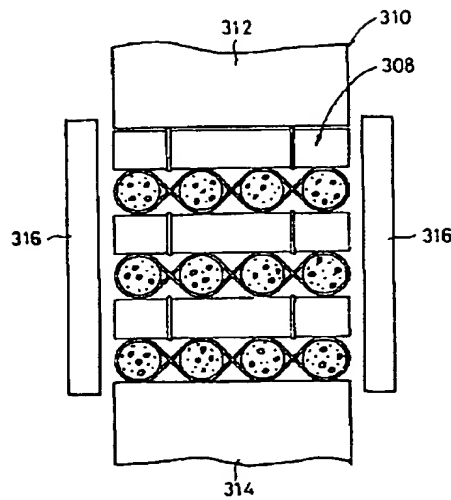
【図 7】

FIG. 7



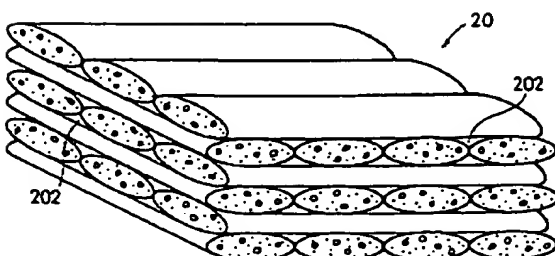
【図 8】

FIG. 8

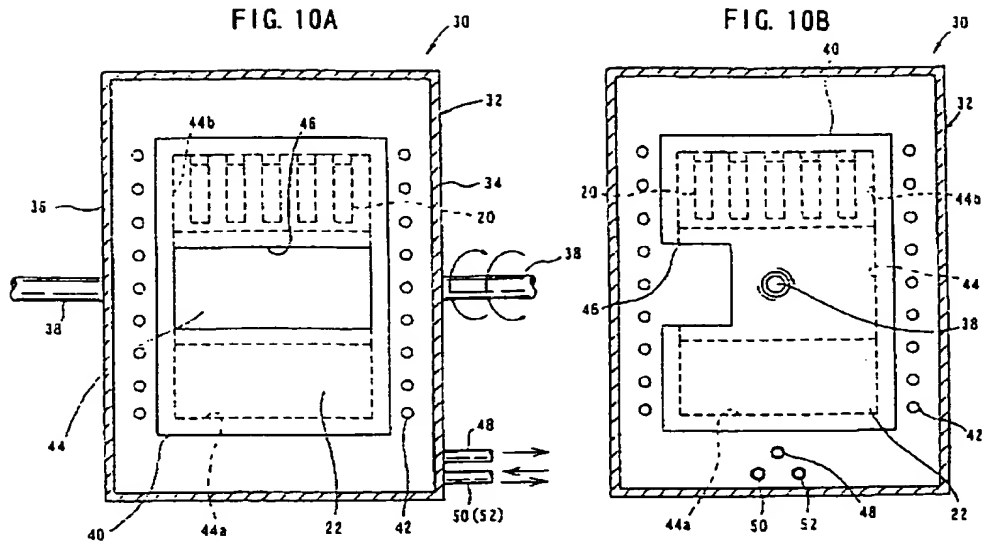


【図 9】

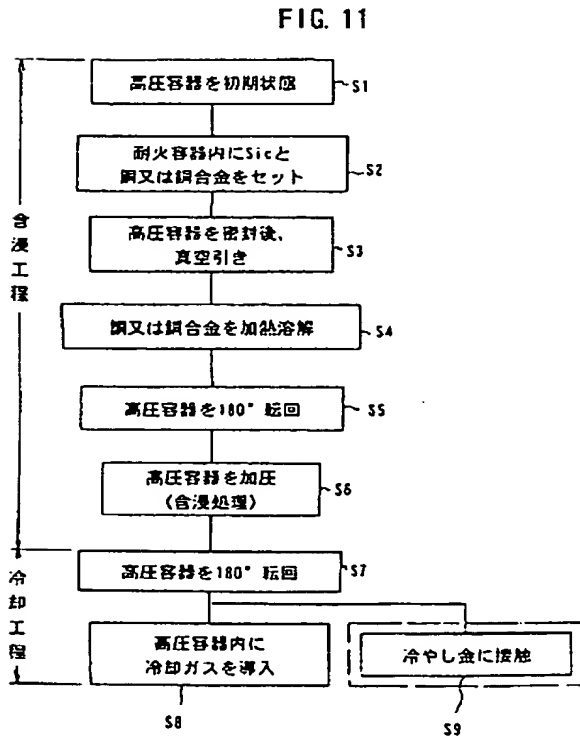
FIG. 9



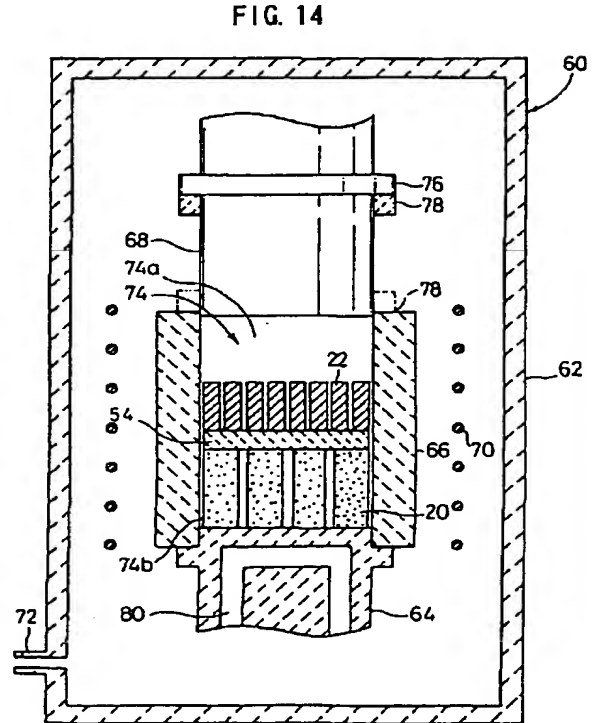
【図 10】



【図 11】

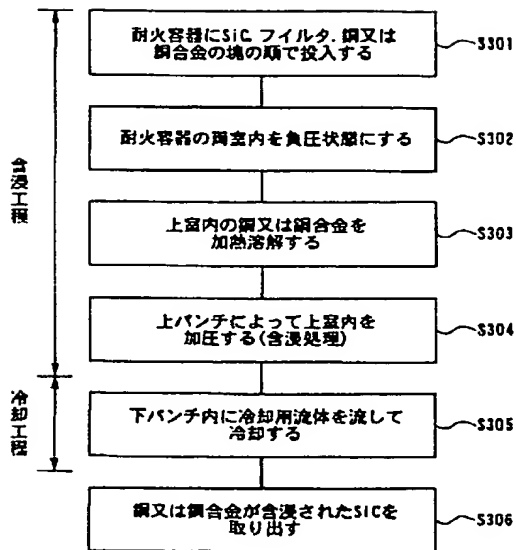


【図 14】



【図 15】

FIG. 15



【図 16】

FIG. 16A

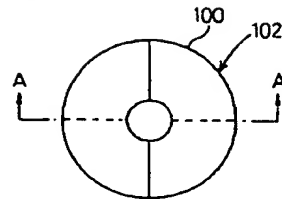
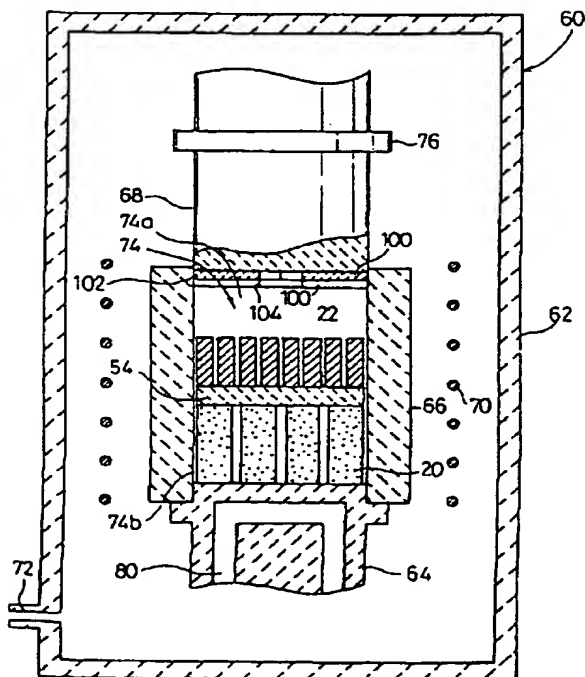


FIG. 16B



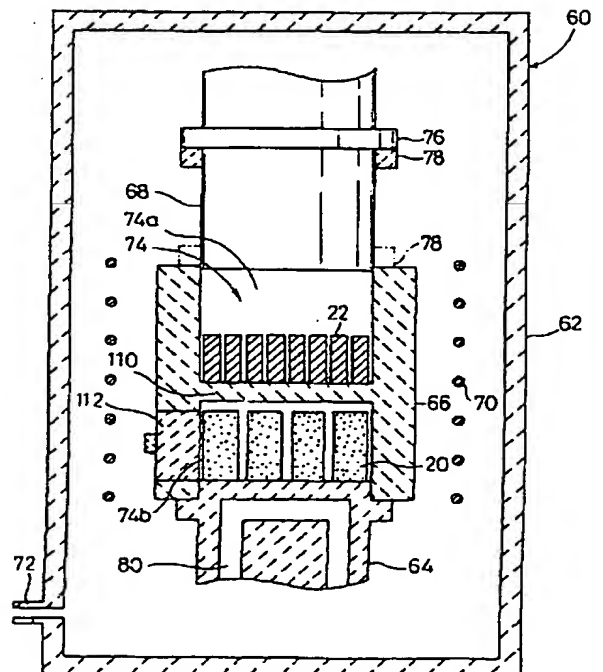
【図 17】

FIG. 17



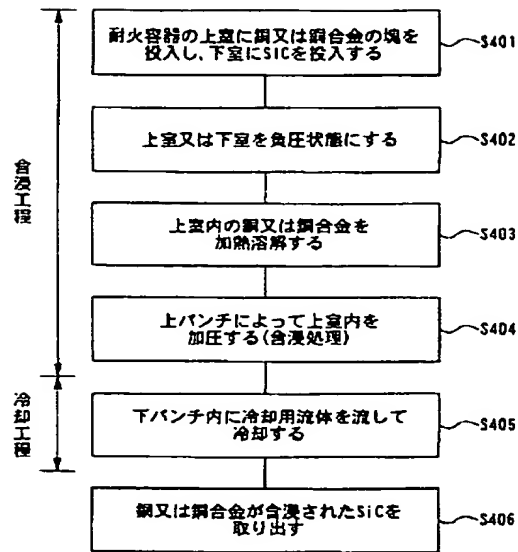
【図 18】

FIG. 18



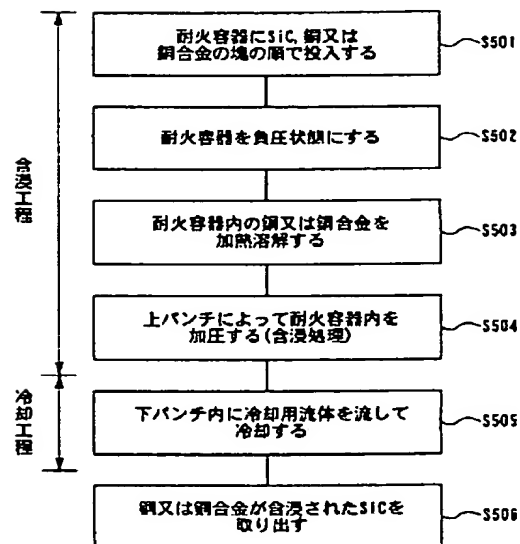
【図 19】

FIG. 19



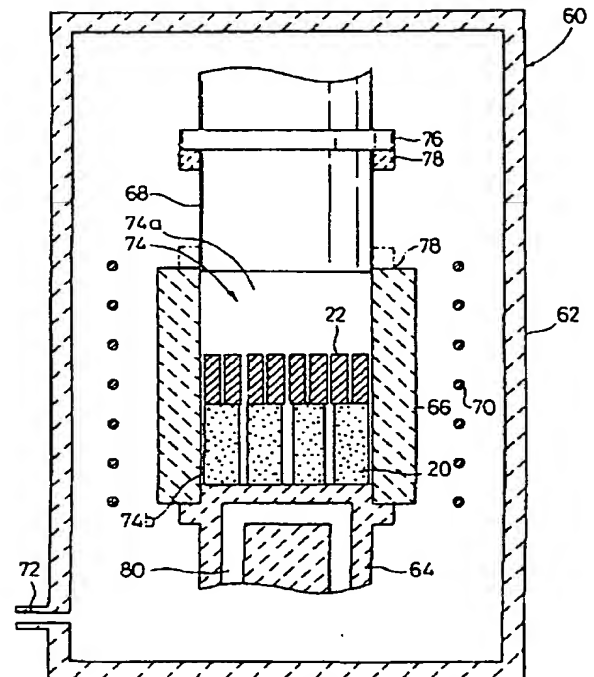
【図 21】

FIG. 21



【図 20】

FIG. 20



PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-095586

(43)Date of publication of application : 04.04.2000

(51)Int.Cl.

C04B 41/88
// H01L 23/15

(21)Application number : 10-265131

(71)Applicant : NGK INSULATORS LTD

(22)Date of filing : 18.09.1998

(72)Inventor : HANZAWA SHIGERU
ISHIKAWA SHUHEI

(54) COMPOSITE MATERIAL AND ITS PRODUCTION

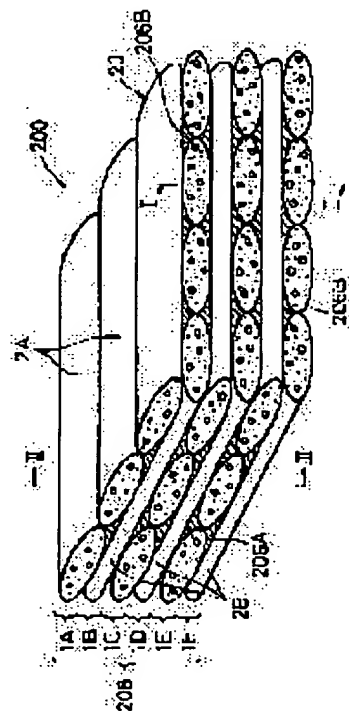
(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain a characteristic which is in conformity with the balance between thermal expansion coefficient and heat conductivity, which balance is required by practical electronic parts(including semiconductor device) or the like.

SOLUTION: A yarn assembly 208 is fabricated by two-dimensionally arranging plural yarns 2A, 2B in nearly parallel to form yarn arranged bodies 1A-1F and then alternately laminating plural yarn arranged bodies 1A-1F. The yarns 2A, 2B are each composed of carbon fiber bundles obtained by bundling carbon fibers, e.g.

hundreds-tens of thousands of fibers having diameters of about 10 μm and a carbon component except the carbon fiber. The composite material is produced by

impregnating metal matrices containing at least copper 206A, 206B into tube-like open pores formed in the yarn assembly 208.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

21.02.2000

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

*** NOTICES ***

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[The technical field to which invention belongs] this invention relates to the composite material which sank into the mineral matter in the metal, and its manufacture method.

[0002]

[Description of the Prior Art] Heat is a powerful enemy and it must be made for internal temperature not to have to exceed the maximum permission virtual junction temperature for a semiconductor device generally. Moreover, with semiconductor devices, such as a power transistor and a semiconductor rectifying device, since the power consumption per area of operation is large, only by the heating value emitted from the case (package) of a semiconductor device, or a lead, a generating heating value cannot be emitted and there is a possibility of the internal temperature of equipment rising and causing a thermal runaway.

[0003] This phenomenon is the same also in the semiconductor device which carried CPU, and its calorific value at the time of operation increases with improvement in a clock frequency, and it is becoming a matter with the important thermal design in consideration of thermolysis.

[0004] In the thermal design in consideration of prevention of the aforementioned thermal runaway etc., the element design and packaging design which considered fixing the large heat sink of a heat sinking plane product in the case (package) of a semiconductor device are performed.

[0005] Generally as a material for the aforementioned heat sinks, metallic materials, such as copper with good thermal conductivity and aluminum, are used.

[0006]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] Recently, though a low power drive aiming at a low power is aimed at in semiconductor devices, such as CPU and memory, it is in the inclination which the semiconductor device itself enlarges with high integration of an element, and expansion-izing of an element forming face product. When a semiconductor device is enlarged, the stress produced according to the difference of the thermal expansion of a semiconductor base (a silicon substrate and GaAs substrate) and a heat sink becomes large, and there is a possibility that the ablation phenomenon of a semiconductor device and mechanical destruction may arise.

[0007] In order to prevent this, realization of a low power drive of a semiconductor device and the improvement of heat sink material are mentioned. The low power drive of a semiconductor device escapes from the TTL level (5V) used from the former as supply voltage now, and level not more than 3.3V is put in practical use.

[0008] On the other hand, it not only considers thermal conductivity, but as a component of a heat sink, silicon, and GaAs and coefficient of thermal expansion which are a semiconductor base carry out simultaneously coincidence, and, moreover, selection of material with high thermal conductivity is needed.

[0009] About the improvement of heat sink material, there are an example which there are various reports, for example, used alumimium nitride (AlN), an example using Cu(copper)-W (tungsten), etc.

Since AlN is excellent in the balance of thermal conductivity and thermal-expansion nature and mostly in agreement with especially the coefficient of thermal expansion of Si, it is suitable as heat sink material of the semiconductor device using the silicon substrate as a semiconductor base.

[0010] Moreover, Cu-W is a composite material which combines the low thermal-expansion nature of W, and the high temperature conductivity of Cu, and is suitable as a component of the heat sink which moreover has a complicated configuration from machining being easy.

[0011] moreover, the thing (refer to conventional example 1:JP,8-279569,A) which 20 - 40 volume % came [thing] out of Metal Cu to the ceramic base material which makes SiC a principal component comparatively, and made it contain as other examples and the powder sintering porosity object which consists of a mineral matter -- Cu -- 5 - 30wt% -- what was infiltrated (refer to conventional example 2:JP,59-228742,A) is proposed

[0012] Since the heat sink material concerning the aforementioned conventional example 1 is fine-particles fabrication of fabricating the green compact of SiC and Metal Cu and producing a heat sink, coefficient of thermal expansion and thermal conductivity are strictly theoretical values, and it has the problem that balance of the coefficient of thermal expansion and the thermal conductivity which are called for with actual electronic parts etc. cannot be obtained.

[0013] The heat sink material concerning the conventional example 2 has the low ratio of Cu which sinks into the powder sintering porosity object which consists of a mineral matter, and has a possibility that a limitation may arise when raising thermal conductivity.

[0014] this invention is made in consideration of such a technical problem, and it aims at offering the composite material which can acquire the property which suited the balance of the coefficient of thermal expansion and the thermal conductivity which are called for with actual electronic parts (a semiconductor device is included) etc., and its manufacture method.

[0015] Moreover, other purposes of this invention can aim at lubricative improvement, and are to offer a composite material utilizable also as sliding material, bearing material, etc., and its manufacture method.

[0016] Moreover, other purposes of this invention can aim at improvement in cutting ability, and are to offer the composite material which can make precision processing of a heat sink, sliding material, and bearing material realize, and its manufacture method.

[0017]

[Means for Solving the Problem] When the property optimal as heat sink material is explained, first, as a required coefficient of thermal expansion The required shell doubled with the coefficient of thermal expansion of semiconductor substrates, such as ceramic substrates, such as AlN, and Si, GaAs The range of $4.0 \times 10^{-6}/\text{degree-C}$ - $9.0 \times 10^{-6}/\text{degree C}$ is suitable as an average coefficient of thermal expansion from a room temperature to 200 degrees C, and the need of filling the Cu-W material of currently possessed and the demand more than equivalent to more than 180 W/mK (room temperature) is suitable as required thermal conductivity.

[0018] The composite material concerning this invention has the mineral matter in which much tubular continuous puncturing was formed, and the matrix which consists of a metal with which it sank into the aforementioned puncturing of this mineral matter, and which contains copper at least, and is constituted.

[0019] That is, from being sunk in and constituted, the metal which contains copper in puncturing which continued tubular is efficient, and can miss the generated heat outside through the copper of puncturing. Consequently, a ceramic substrate, a semiconductor substrate (silicon, GaAs), etc. and coefficient of thermal expansion are mostly in agreement, and can obtain thermally conductive good heat sink material.

[0020] Specifically, the heat sink material whose thermal conductivity the average coefficient of thermal expansion from a room temperature to 200 degrees C is $4.0 \times 10^{-6}/\text{degree-C}$ - $9.0 \times 10^{-6}/\text{degree C}$, and is more than 180 W/mK (room temperature) can be obtained.

[0021] Moreover, composite material can show high lubricity from existence of the metal containing the copper with which it sank into the mineral matter, and sinking into puncturing in which this metal was formed tubular, and specific resistance can also apply it to sliding material, bearing material, etc. from a

bird clapper low.

[0022] Moreover, since the metal containing copper is formed in tubular puncturing, cutting ability of this composite material can improve and it can make precision processing of a heat sink, sliding material, and bearing material realize only from a mineral matter.

[0023] When making it apply to the aforementioned heat sink, sliding material, bearing material, etc., it is desirable to make the rate of an open pore of the aforementioned mineral matter before infiltrating the aforementioned metal into 10% - 35%.

[0024] And in the aforementioned composition, the yarn which contains the bunch of a carbon fiber and carbon components other than a carbon fiber at least may be together put in three dimensions, the aforementioned mineral matter may be constituted from the yarn aggregate united with the grade which these yarn does not separate mutually, and the aforementioned puncturing may be constituted as a crevice formed between the yarn which adjoins mutually in the aforementioned yarn aggregate.

[0025] The crevice formed between the yarn which adjoins mutually in the yarn aggregate will constitute tubular puncturing. From sinking in, the property which suited the balance of the coefficient of thermal expansion and the thermal conductivity which are called for with actual electronic parts (a semiconductor device is included) etc. can be acquired, and moreover, the metal which contains copper in this puncturing can aim at lubricative improvement, and can utilize also as sliding material, bearing material, etc. Moreover, improvement in cutting ability can be aimed at and precision processing of a heat sink, sliding material, and bearing material can be made to realize.

[0026] Moreover, two or more aforementioned yarn is mostly arranged in [parallel] two dimensions, respectively, and a yarn array object is constituted, and the laminating of two or more yarn array objects is carried out, and you may make it constitute the yarn aggregate in the aforementioned composition.

[0027] Moreover, you may make it make the longitudinal direction of each yarn in the adjoining aforementioned yarn array object cross mutually in the aforementioned composition. As this degree of crossed axes angle, it is a larger angle than 0 degree, for example, there are 15 degrees, 30 degrees, 90 degrees, or these compound intersections, and it is 90 degrees most preferably.

[0028] You may make it form the three-dimensions network structure in the aforementioned composition, because the aforementioned matrix continues mutually in the aforementioned mineral matter. If it sees with one yarn array object by this composition, the metal which contains copper in tubular puncturing of a large number arranged by parallel, respectively will take the gestalt to which it sank in and the metal with which it these-sank in was connected also in the direction of a laminating of a yarn array object. that is, each aforementioned yarn array which the aforementioned matrix is mostly arranged by parallel in two dimensions in accordance with each aforementioned yarn array object, and adjoins -- the aforementioned matrix which sank into the inside of the body serves as a gestalt which continued mutually

[0029] Consequently, the property which suited the balance of the coefficient of thermal expansion and the thermal conductivity which are called for with actual electronic parts (a semiconductor device is included) etc. can be acquired from heat being transmitted in the three-dimensions network structure, and being emitted outside. Moreover, lubricative improvement can be aimed at and it can utilize also as sliding material, bearing material, etc. Furthermore, improvement in cutting ability can be aimed at and precision processing of a heat sink, sliding material, and bearing material can be made to realize.

[0030] Next, the 1st process which many manufacture methods of the composite material concerning this invention produce a carbon fiber bunch with the carbon fiber, the carbon-powder object, and the organic binder of a book, and forms the coat made of a resin in the circumference of this carbon fiber bunch, and produces a yarn construct, The 2nd process which is made to arrange many aforementioned yarn constructs and produces an array object, It is characterized by having the 3rd process which is made to carry out the laminating of the aforementioned array object, and produces a layered product, the 4th process which produces the sintered compact with which pressurization baking of the aforementioned layered product was carried out, and much tubular continuous puncturing was formed, and the 5th process into which the metal which contains copper in the aforementioned puncturing of the aforementioned sintered compact at least is infiltrated.

[0031] The composite material which can acquire the property which suited by this the balance of the coefficient of thermal expansion and the thermal conductivity which are called for with the electronic parts (a semiconductor device is included) of **:practice etc., **: lubricative improvement can be aimed at, improvement in a composite material utilizable also as sliding material, bearing material, etc. and **:cutting ability can be aimed at, and it becomes possible to produce easily the composite material which can make precision processing of a heat sink, sliding material, and bearing material realize.

[0032] It sets at the 4th process of the above, and is the aforementioned layered product with a hotpress 300-2000-degree-C, ordinary-pressure - 500 kgf/cm² It fabricates under conditions and a Plastic solid is produced, and this Plastic solid is calcinated at 600-1200 degrees C in the atmosphere, and you may make it produce the aforementioned sintered compact.

[0033] Moreover, the aforementioned Plastic solid is carbonized at 600-1200 degrees C, it graphitizes at 1500-3000 degrees C, and you may make it produce the aforementioned sintered compact. As the aforementioned carbon fiber, you may use either a pitch based carbon fiber and a PAN system carbon fiber and both sides.

[0034] And in the 5th process of the above, heat the aforementioned sintered compact and the metal which contains copper at least in the state where it is not made to contact mutually, contact both in the stage which reached predetermined temperature, and the high-pressure force is given immediately. You may make it have the sinking-in process which infiltrates the aforementioned metal into the aforementioned sintered compact, and the cooling process at which the aforementioned metal cools at least the aforementioned sintered compact with which it sank in.

[0035] Heating not contacting the metal which it is going to infiltrate and which contains copper at least, and the sintered compact used as a base material here Components other than the copper in the aforementioned metal are prevention or for lessening as much as possible about the good thermally conductive fall in which it carries out few as much as possible, or prevention or the copper by generation of a reactant has [be / under / carbon component / of a base material /, and heating / reaction / it] forming the coat which serves as a bad influence for metaled wettability in a base-material front face.

[0036] The carbon component of a base material heats copper, contacting copper and a base material, when the metal reactivity tends to carry out [a metal] aforementioned sinking in extremely from the first for a low reason is a pure copper, and it is satisfactory even if it carries out melting of the copper.

[0037] Thus, by heating the metal which it is going to infiltrate and which contains copper at least, while having not made the sintered compact used as a base material contact, carrying out contact pressurization immediately after melting, and making after sinking in cool promptly Sinking-in processing of the aforementioned metal to the sintered compact generally made difficult can be performed easily. And the productivity of the heat sink which has the property which suited the balance of the coefficient of thermal expansion and the thermal conductivity which the rate of impregnation of the aforementioned metal to a sintered compact can be raised, consequently are called for with actual electronic parts (a semiconductor device is included) etc. can be raised.

[0038] The average coefficient of thermal expansion from a room temperature to 200 degrees C is $2.0 \times 10^{-6}/\text{degree-C}$ - $9.0 \times 10^{-6}/\text{degree C}$, and the thermal conductivity of the property which suited the balance of the coefficient of thermal expansion and the thermal conductivity which are called for with actual electronic parts (a semiconductor device is included) etc. here is more than 180 W/mK (room temperature).

[0039] Moreover, according to the aforementioned manufacture method, lubricative improvement can be aimed at and a composite material utilizable also as sliding material, bearing material, etc. and the composite material which improvement in cutting ability can be aimed at [composite material] and can make precision processing of a heat sink, sliding material, and bearing material realize can be obtained.

[0040] The process which changes the inside of the aforementioned container into negative pressure or an ordinary-pressure state after putting the aforementioned sintered compact and the aforementioned metal into the same container and arranging the aforementioned metal down [in the aforementioned container] as the aforementioned sinking-in process, In the process which carries out the heating dissolution of the aforementioned metal, and makes the aforementioned metal molten metal, and the

stage to which the aforementioned molten metal reached predetermined temperature You may make it have the process which the aforementioned container is revolved [process] and makes the aforementioned sintered compact immersed into the aforementioned molten metal in this container, and the process which infiltrates the aforementioned molten metal into a sintered compact by introducing the gas for sinking in in the aforementioned container, and pressurizing the inside of the aforementioned container.

[0041] That is, after putting in in a container the aforementioned metal with which it sinks into a sintered compact and this sintered compact, sealing it and carrying out vacuum length, a copper or copper alloy side is carried out caudad, and is heated. The aforementioned metal is contacted to a porosity sintered compact by revolving 180 degrees of containers and making the upper and lower sides reverse in the stage which the aforementioned metal dissolved and reached predetermined temperature. And the aforementioned metal will sink in into a sintered compact by pressurizing the inside of a container at high pressure.

[0042] Moreover, the process which changes the inside of this container into negative pressure or an ordinary-pressure state after putting the aforementioned metal and the aforementioned sintered compact by which melting was carried out beforehand into the same container as the aforementioned sinking-in process and arranging the aforementioned molten metal down [in the aforementioned container], The process in which the aforementioned molten metal revolves the aforementioned container and makes the aforementioned sintered compact immersed into the aforementioned molten metal in this container in the stage which reached predetermined temperature, and by introducing the gas for sinking in in the aforementioned container, and pressurizing the inside of the aforementioned container You may make it have the process which infiltrates the aforementioned molten metal into a sintered compact.

[0043] That is, the aforementioned metal is contacted to a sintered compact by putting in the aforementioned metal which carried out melting beforehand in the container with which the sintered compact was installed, revolving 180 degrees of containers and making the upper and lower sides reverse in the stage which reached predetermined temperature. And the aforementioned metal will sink in into a sintered compact by pressurizing the inside of a container at high pressure.

[0044] Moreover, as a pressure to give, it is 10 kgf/cm². It is 1000 kgf/cm² above. It is the following and they are 50 kgf/cm² preferably. It is 200 kgf/cm² above. It is the following and they are 100 kgf/cm² still more preferably. It is 150 kgf/cm² above. It is the following.

[0045] In this case, the grant time of the aforementioned pressure is 10 seconds or more and 30 minutes or less, and is 2 minutes or more and 10 minutes or less desirably.

[0046] Moreover, the aforementioned predetermined temperature is temperature higher 10 degrees C - 250 degrees C than the melting point of the aforementioned metal which it is going to infiltrate, and is desirable temperature higher 50 degrees C - 200 degrees C than the aforementioned melting point. In this case, it is desirable to perform heating of the aforementioned metal into which a sintered compact should be infiltrated in the vacuum of 1 or less Torr.

[0047] In addition, as a rate of an open pore of the aforementioned sintered compact before infiltrating the aforementioned metal, it is desirable that it is 10% - 35%.

[0048] Moreover, you may be made to perform 1 - 10vol% nickel plating to the aforementioned sintered compact beforehand. In this case, the wettability of a sintered compact and the aforementioned metal can improve and it can make it realize to sink in by the low voltage force. 1 - 5vol% of the amount of the aforementioned nickel plating is desirable. As nickel plating here, the plating of nickel-P and the plating of nickel-B are included, for example.

[0049] And the process which revolves the aforementioned container and separates the aforementioned sintered compact after sinking in, and non-sinking in residual molten metal as the aforementioned cooling process, The process which extracts the aforementioned gas for sinking in in the aforementioned container, and you may make it have the process which introduces the gas for cooling promptly and cools the inside of a container, revolves the aforementioned container, and separates the aforementioned sintered compact after sinking in, and non-sinking in residual molten metal, You may make it have the process which cools the inside of the aforementioned container by cooling the aforementioned container

and making gold contact.

[0050] As for the cooling rate in the aforementioned cooling process, it is desirable to carry out in -400 degrees C/hour or more from the temperature at the time of sinking in to 800 degrees C, and it is -800 degrees C/hour or more more preferably.

[0051] Moreover, the process which changes the aforementioned sintered compact and the aforementioned metal of each other into negative pressure or an ordinary-pressure state in the state of non-contact as the aforementioned sinking-in process, The process which heats the aforementioned sintered compact and the aforementioned metal to predetermined temperature under negative pressure or an ordinary pressure, and fuses the aforementioned metal, The process which sets the aforementioned molten metal in the pressurization state, and the sintered compact under the molten metal under the aforementioned pressurization, the aforementioned negative pressure, or an ordinary pressure it contacts promptly -- making -- and a pressurization state -- setting -- the bottom of pressurization -- the aforementioned sintering -- it is made to have the process which infiltrates the aforementioned molten metal into the inside of the body, and you may make it the aforementioned molten metal cool the aforementioned sintered compact with which it sank in under the aforementioned pressurization in a cooling process

[0052] In this case, after heating fully deaerating the aforementioned sintered compact and the aforementioned metal and fusing a metal, when contacting promptly, and considering as a pressurization state and holding a pressurization state further till the completion of cooling operation, the aforementioned molten metal can be efficiently sunk into the aforementioned sintered compact.

[0053] in the aforementioned manufacture method, the sintered compact and molten metal which were heat-treated in the state of non-contact under negative pressure or the ordinary pressure are set in both the pressurization state, and it contacts promptly after that -- making -- the aforementioned sintering -- it is suitable if the aforementioned metal is infiltrated into the inside of the body

[0054] Thereby, after setting under a pressurization state also about the aforementioned sintered compact with the aforementioned molten metal, by performing contact and sinking-in operation, the failure of pressure at the time of contacting both can be made into the minimum, and the pressurization state at the time of sinking-in operation can be held good.

[0055] Moreover, the process which arranges the aforementioned sintered compact and the aforementioned metal in the aforementioned sinking-in process, respectively to the locus of the upper and lower sides of the same container divided into two rooms with the porosity filter, seals the aforementioned container, and makes each locus negative pressure or an ordinary-pressure state, The process which heats vertical both locus to predetermined temperature under negative pressure or an ordinary pressure, and fuses the aforementioned metal, Lower locus are made into a pressurization state, after making the molten metal of the process which sets only an above top room in the pressurization state, and the upper locus under the aforementioned pressurization permeate lower locus through the aforementioned porosity filter and contacting it to the aforementioned sintered compact under negative pressure or an ordinary pressure promptly. It is made to have the process which infiltrates the aforementioned molten metal into the aforementioned sintered compact under pressurization, and you may make it the aforementioned molten metal of the bottom room of the above cool the aforementioned sintered compact with which it sank in under the aforementioned pressurization state in the aforementioned cooling process.

[0056] In this case, since the pressure control of the upper locus which have arranged the aforementioned metal by using a porosity filter, and the lower locus which have arranged the aforementioned sintered compact can be carried out independently, respectively, it uses, and quickly, it can decompress and a predetermined pressure-control mechanism can be pressurized.

[0057] About the aforementioned sintered compact of the bottom room of the above, the aforementioned molten metal can be held and deaerated in negative pressure or the ordinary-pressure state, until just before sinking in. Furthermore, pressure control can perform easily contact to the aforementioned molten metal and the aforementioned sintered compact, and sinking-in operation through a porosity filter. Moreover, in this case, since both locus have prepared the pressure differential beforehand, they

can carry out filtering of the aforementioned molten metal quickly.

[0058] Here, about a porosity filter, especially if it has the porosity of the grade which molten metal permeates under pressurization, without permeating under an ordinary pressure, material cannot be limited, and a punching metal or an alumina cloth of a carbon cloth and a stainless steel system etc. can be used suitably.

[0059] In addition, by making into negative pressure the pressure of the upper locus which have arranged the aforementioned metal as a sinking-in process about the pressure of the locus of the upper and lower sides of the same container divided into two rooms with the porosity filter from the lower locus which have arranged the aforementioned sintered compact If molten metal prevents from passing a porosity filter, when using a filter, it becomes unnecessary to take into consideration the wettability of molten metal and a porosity filter as mentioned above, and the flexibility of material selection can be raised.

[0060] Moreover, the process which arranges the aforementioned sintered compact and the aforementioned metal as the aforementioned sinking-in process, respectively to the locus of the upper and lower sides of the same container divided into two rooms with the porosity filter, seals the aforementioned container, and makes each locus negative pressure or an ordinary-pressure state, The process which heats vertical both locus to predetermined temperature under negative pressure or an ordinary pressure, and fuses the aforementioned metal, The pressure of the process which sets vertical both the aforementioned locus in the pressurization state, and the upper locus under the aforementioned pressurization is made still higher than the pressure of lower locus. Make it have the process which infiltrates the aforementioned molten metal into the inside of the body, and it sets at the aforementioned cooling process. the aforementioned sintering under the pressurization after making molten metal permeate lower locus through the aforementioned porosity filter and contacting it to the aforementioned sintered compact promptly -- You may make it the aforementioned molten metal of lower locus cool the aforementioned sintered compact with which it sank in under the aforementioned pressurization.

[0061] In this case, after setting under a pressurization state also about the aforementioned sintered compact with the aforementioned molten metal, by performing contact and sinking-in operation, the failure of pressure at the time of contacting both can be made into the minimum, and the pressurization state at the time of sinking-in operation can be held good.

[0062] In this invention, it faces carrying out sinking-in processing of the metal which contains copper in the sintered compact used as a base material at least, and while the press processing from both upper and lower sides performs the process made into a pressurization state, the indirect cooling processing from the lower locus circumference can perform a cooling process.

[0063] By the manufacture method concerning this invention, while being able to perform pressure control more quickly, the pressurization state at the time of sinking-in operation can be held good.

[0064] moreover, the manufacture method concerning this invention contacts the sintered compact used as a base material, and the metal which contains copper at least under negative pressure or an ordinary pressure in the 5th process of the above -- making -- heat-treating -- the aforementioned metal -- fusing -- an after that and pressurization state -- setting -- prompt -- the aforementioned sintering -- it has the sinking-in process which infiltrates the aforementioned metal into the inside of the body, and the cooling process at which the aforementioned metal cools at least the aforementioned sintered compact with which it was sunk in

[0065] Sinking-in processing of the aforementioned metal to the sintered compact generally made difficult by this can be performed easily, and, moreover, the rate of impregnation of the aforementioned metal to a sintered compact can be raised. Consequently, ** : The composite material which can acquire the property which suited the balance of the coefficient of thermal expansion and the thermal conductivity which are called for with actual electronic parts (a semiconductor device is included) etc., ** : lubricative improvement can be aimed at, improvement in a composite material utilizable also as sliding material, bearing material, etc. and **:cutting ability can be aimed at, and it becomes possible to produce easily the composite material which can make precision processing of a heat sink, sliding

material, and bearing material realize.

[0066] And the process which sets the aforementioned sintered compact and the aforementioned metal in negative pressure or the ordinary-pressure state in the state where it was made to contact mutually, as the aforementioned sinking-in process, The process which heats the aforementioned sintered compact and the aforementioned metal to predetermined temperature under negative pressure or an ordinary pressure, and fuses the aforementioned metal, The process which sets the aforementioned molten metal in the pressurization state, and the sintered compact under the molten metal under the aforementioned pressurization, the aforementioned negative pressure, or an ordinary pressure it contacts promptly -- making -- and a pressurization state -- setting -- the bottom of pressurization -- the aforementioned sintering -- it is made to have the process which infiltrates the aforementioned molten metal into the inside of the body, and you may make it the aforementioned molten metal cool the aforementioned sintered compact with which it sank in under the aforementioned pressurization in the aforementioned cooling process

[0067]

[Embodiments of the Invention] Hereafter, the example of a form of operation of the composite material concerning this invention and its manufacture method is explained, referring to drawing 1 - drawing 21 .

[0068] The tubular continuous puncturing 202 (refer to drawing 9) has the formed mineral matter 20 and the matrices 206A and 206B which consist of a metal with which it sank into the puncturing 202 of this mineral matter 20, and which contains copper at least, and the composite material 200 concerning the form of this operation is constituted, as shown in drawing 1.

[0069] This mineral matter 20 is the material of the new concept which added the improvement to the fundamental composition on the basis of the so-called C/C composite.

[0070] As a C/C composite, a diameter the carbon fiber around 10 micrometers usually By bundling tens of thousands of [hundreds of -], forming a fiber bundle, arranging this fiber bundle in-dimensional [2] or the direction of three dimensions, considering as a ** sheet (UD sheet) or various crosses on the other hand, and carrying out the laminating of the aforementioned sheet or the cross The preforming object (fiber preforming) of a predetermined configuration is formed. inside this preforming object by the CVI method (Chemical Vapor Infiltration : the chemical gaseous-phase sinking-in method), the inorganic-polymer sinking-in sintering process, etc. What was constituted by forming the matrix which consists of carbon is known.

[0071] A specific new fiber-composite material is used for the form of this operation as a mineral matter 20, the C/C composite is used for this fiber-composite material as a base material, and it has the big feature that the structure of the carbon fiber is held without being destroyed.

[0072] Namely, the mineral matter 20 of the composite material 200 concerning the form of this operation It has the yarn aggregate 208 and is constituted. this yarn aggregate 208 The laminating of two or more yarn array objects 1A-1F is carried out, and they are constituted. one yarn array object (for example, 1A) Two or more [about], mostly, yarn 2A containing the bunch of the carbon fiber by which it comes to bundle hundreds of - about tens of thousands of carbon fibers before and behind the diameter of 10 micrometers, for example, and carbon components other than a carbon fiber is arranged by parallel in two dimensions, and is constituted.

[0073] That is, the mineral matter 20 of the composite material 200 concerning the form of this operation will have the laminated structure to which the laminating of two or more yarn array objects 1A-1F was carried out toward ** on the other hand.

[0074] In this case, it is that the longitudinal direction of each yarn 2A in an adjoining yarn array object (for example, 1A and 1B) and 2B crosses mutually preferably especially. As this degree of crossed axes angle, it is a larger angle than 0 degree, for example, there are 15 degrees, 30 degrees, 90 degrees, or these compound intersections, and it is 90 degrees most preferably.

[0075] If it explains based on drawing 2 and drawing 3 , the frame of a mineral matter (fiber-composite material) 20 is constituted by the yarn aggregate 208, and this yarn aggregate 208 carries out the laminating of two or more yarn array objects 1A-1F in the vertical direction, and is constituted. In each

yarn array objects 1A-1F, each yarn 2A and 2B are arranged respectively in two dimensions, and the longitudinal direction of each yarn 2A and 2B is made almost respectively parallel. The longitudinal direction of each yarn 2A in each yarn array objects 1A-1F which adjoin each other in the vertical direction, and 2B lies at right angles.

[0076] That is, the longitudinal direction of each yarn 2A of each yarn array objects 1A, 1C, and 1E is mutually parallel, and lies at right angles to the longitudinal direction of each yarn 2B of each yarn array objects 1B, 1D, and 1F.

[0077] And the yarn aggregate 208 of a three dimensional lattice configuration is constituted by on the other hand carrying out the laminating of two or more aforementioned yarn array objects 1A-1F to **. Each yarn 2A and 2B are crushed in a pressing process which is mentioned later, and have abbreviation ellipse type.

[0078] the yarn (2A, 2A) which adjoins mutually by such composition in the yarn aggregate 208 from which the mineral matter 20 of the composite material 200 concerning the gestalt of this operation constitutes this mineral matter 20 -- a crevice will be formed for and (2B, 2B) in between This crevice will be formed along with yarn 2A and 2B, and will constitute the so-called tubular puncturing 202 (refer to drawing 9) which continued from the start edge to termination. Since it will be in the state where it was open for free passage, respectively to the tubular puncturing 202 of a large number formed in another yarn array object (for example, 1B) about one yarn array object (for example, 1A) with which much tubular puncturing 202 of a book adjoins this yarn array object (for example, 2A) further, puncturing 202 will form the three-dimensions network structure which continues mutually in a mineral matter 20.

[0079] And in the countless tubular puncturing 202 formed in the yarn aggregate 208 from which the composite material 200 concerning the gestalt of this operation constitutes the aforementioned mineral matter 20, it will sink in and the matrices 206A and 206B which consist of a metal which contains copper at least will be constituted. As mentioned above, in order that puncturing 202 the very thing may form the three-dimensions network structure which continues mutually in a mineral matter 20, the matrices 206A and 206B into which it sank and which contain copper at least will also have the three-dimensions network structure in a mineral matter 20. Especially when each yarn 2A in the adjoining yarn array objects 1A-1F and the degree of crossed axes angle of 2B are about 90 degrees, the aforementioned matrices 206A and 206B will form a three dimensional lattice.

[0080] That is, in each yarn array objects 1A, 1C, and 1E, the gap of each adjacent yarn 2A is filled up with matrix 206A, and each matrix 206A is prolonged in it and parallel along the front face of yarn 2A. In each yarn array objects 1B, 1D, and 1F, the gap of each adjacent yarn 2B is filled up with matrix 206B, and each matrix 206B is prolonged in it and parallel along the front face of yarn 2B.

[0081] Each matrices 206A and 206B are long and slender respectively along the front face of yarn 2A and 2B, and are preferably prolonged in the shape of a straight line, and each matrices 206A and 206B lie at right angles mutually among adjoining yarn array object 1A - 1F. And matrix 206A in the yarn array objects 1A, 1C, and 1E and matrix 206B in the yarn array objects 1B, 1D, and 1F which intersect perpendicularly with this are continuing in the gap portion of yarn 2A and 2B, respectively.

Consequently, Matrices 206A and 206B will form a three dimensional lattice as a whole.

[0082] Here, although the gap of adjacent each yarn 2A and 2B may be filled up with Matrices 206A and 206B 100%, when Matrices 206A and 206B are filled up with the part among the gaps of each yarn 2A and 2B, it contains. Moreover, carbon components other than the carbon fiber in yarn 2A and 2B are preferably in the end of a carbon powder, and are in the end of a carbon powder it graphitized preferably especially.

[0083] Thus, from sinking in and the matrices 206A and 206B which consist of a metal which contains copper in the puncturing 202 which continued tubular at least being constituted, the composite material 200 concerning the gestalt of this operation is efficient, and can miss the generated heat outside through the matrices 206A and 206B of puncturing 202. Consequently, a ceramic substrate, a semiconductor substrate (silicon, GaAs), etc. and coefficient of thermal expansion are mostly in agreement, and can obtain thermally conductive good heat sink material.

[0084] Specifically, the heat sink material whose thermal conductivity the average coefficient of thermal expansion from a room temperature to 200 degrees C is $2.0 \times 10^{-6}/\text{degree-C}$ - $9.0 \times 10^{-6}/\text{degree C}$, and is more than 180 W/mK (room temperature) can be obtained.

[0085] Moreover, moreover specific resistance is also low and it can be made for lubricity high from sinking into the puncturing 202 in which existence of the matrices 206A and 206B which consist of a metal with which the aforementioned composite material 200 sank into the mineral matter 20, and which contains copper at least, and these matrices 206A and 206B were formed tubular to be shown, and to apply to sliding material [from a bird clapper], and bearing material etc.

[0086] Moreover, since the matrices 206A and 206B which consist of a metal which contains copper at least are formed in the tubular puncturing 202, cutting ability of this composite material 200 can improve, and it can make precision processing of a heat sink, sliding material, and bearing material realize only from a mineral matter 20.

[0087] When making it apply to the aforementioned heat sink, sliding material, bearing material, etc., it is desirable to make the rate of an open pore of the aforementioned mineral matter 20 before infiltrating the aforementioned matrices 206A and 206B into 10% - 35%. The measuring method of the rate of an open pore is as follows. (Measuring method of the rate of an open pore)

Rate (%) of open pore = $[(W3 - W1) / (W3 - W2)] \times 100$ (based on the Archimedes method)

Dry weight (W1) : Carry out 1hr dryness in 100-degree C oven, and an after that weighing capacity underwater weight (W2): sample is boiled. In the composite material 200 which starts weighing capacity and the gestalt of this operation in the atmosphere in the sample which made water invade completely into an open pore, and made water invade completely into a weighing capacity drinking water weight (W3): open pore underwater It turns out that it is held without matrix 206B's hardly existing in the portion of the carbon fiber which constitutes each yarn (for example, 2B), but destroying the structure of this carbon fiber as shown in the typical cross section of drawing 4 . Thereby, the shock resistance of a mineral matter, intensity, high lubricity, and abrasion resistance can be maintained.

[0088] In order that the puncturing 202 into which wettability with a mineral matter 20 (C/C composite) is bad, and copper does not sink may generally tend to remain as the aforementioned copper although thermal conductivity is highly good when a commercial pure copper is used, it is desirable to raise rate of impregnation by addition of Be, aluminum, Si, Mg, Ti, nickel, etc. In this case, the copper component may contain unescapable impurities, such as Ag, Cd, Zn, Au, Pd, In, Ga, Pt, Cr, germanium, Rh, Sb, Ir, Co, As, Zr, Fe, Sn, Mn, P, and Pb, and gas constituents in the range to 1%, including Be, aluminum, Si, Mg, Ti, and nickel one or more kinds. When the amount of the aforementioned additive becomes 1% or more, decline in thermal conductivity becomes large and it becomes impossible however, to acquire the effect by addition.

[0089] Here, although the additive to the copper which it is going to infiltrate was specified, various surface treatment may be performed to the carbon component of the base material as a sunk in object, and wettability may be raised to it. for example, by low voltage, copper induces it silicon by forming a silicon coat in the front face of the carbon component of a base material, and subsequently sinking in copper (guidance) -- having -- a base material -- until osmosis is carried out deeply even if silicon has covered the carbon component of a base material imperfectly at this time -- copper -- enough -- a base material -- since until attraction (guidance) is carried out deeply, as compared with the case where silicon does not exist, it is low voltage more and copper can be certainly sunk into a base material

[0090] Next, it explains, referring to drawing 5 - drawing 21 about the manufacture method of the composite material 200 concerning the gestalt of this operation.

[0091] First, as shown in drawing 5 , the bunch 300 of a carbon fiber is produced by making the powdered binder pitch which finally serves as a matrix, and corks include to the bunch of a carbon fiber, and making phenol resin powder etc. contain if needed further. Then, the flexibility middle material (yarn construct) 302 for forming the flexible coat which becomes the circumference of the bunch 300 of a carbon fiber from thermoplastics, and constituting yarn is obtained.

[0092] Then, connecting two or more yarn constructs 302 with the string 304 made from plastics, as shown in drawing 6 , it arranges in two dimensions and the yarn array object 306 is produced (refer to

Japanese-Patent-Application-No. No. 231791 [63 to] specification).

[0093] Then, making two or more yarn array objects 306 cross, respectively, as shown in drawing 7 , the laminating of the initial complement is carried out and one layered product 308 is produced.

[0094] Then, as shown in drawing 8 , the aforementioned layered product 308 is supplied in hotpress equipment 310. This hotpress equipment 310 has the heater 316 for giving heat to the layered product 308 in the punch 312 and the female mold 314, and pressurization process for pressurizing the supplied layered product 308 from the upper and lower sides, and is constituted.

[0095] With the gestalt of this operation, Plastic solid 20 (mineral matter) shown in drawing 9 is obtained by fabricating the aforementioned layered product 308 within hotpress equipment 310 in the bottom of the conditions of temperature [of 300-2000 degrees C (this example 600 degrees C)], ordinary-pressure - 500 kg/cm² (this example 300 kg/cm²). That is, Plastic solid 20 in which the tubular puncturing 202 was formed in the shape of a three-dimensions mesh in this stage will be produced.

[0096] As a work thrown into subsequent sinking-in down stream processing, it may be good also as aforementioned Plastic solid 20, and the sintered compact which carbonized this Plastic solid 20 at 700-1200 degrees C if needed is sufficient. Moreover, the sintered compact which made the sintered compact which made Plastic solid 20 graphitize at 1500-3000 degrees C, or the sintered compact by which carbonization was carried out [aforementioned] graphitize at 1500-3000 degrees C is sufficient.

Therefore, the following explanation describes the mineral matter 20 shown in drawing 9 a Plastic solid or a sintered compact 20.

[0097] Here, the aforementioned carbon fiber may use a petroleum pitch or a coal tar pitch as a raw material, and which thing of fire-resistance-izing and the PAN system carbon fiber carbonized and obtained is sufficient as it in adjustment, the melt spinning, non-deliquestce, the pitch based carbon fiber carbonized and obtained, and acrylonitrile (**) polymer fiber of the pitch for spinning.

[0098] As a carbon precursor required for formation of the matrix of the yarn construct 302, although thermosetting resin, such as phenol resin and an epoxy resin, and tar, a pitch, etc. are used, these may contain corks, a metal, metallic compounds, inorganic, and the organic compound.

[0099] Then, the composite material 200 which copper or a copper alloy is infiltrated through sinking-in down stream processing mentioned later into the tubular puncturing 202 in a Plastic solid or a sintered compact 20, and starts the gestalt of this operation is produced.

[0100] Next, it explains, referring to drawing 10 A - drawing 21 about some examples of sinking-in down stream processing.

[0101] First, both sinking-in down stream processing concerning the 1st and 2nd examples is roughly divided, and consists of a sinking-in process and a cooling process. It is the process which a sinking-in process heats the Plastic solid or the sintered compact 20 used as a base material, copper, or a copper alloy in the state where of it is not made to contact mutually, contacts both in the stage which reached predetermined temperature, gives [process] the high-pressure force immediately, and infiltrates the aforementioned copper or a copper alloy into the aforementioned Plastic solid or a sintered compact 20, and a cooling process is the process at which the aforementioned copper or a copper alloy cool the aforementioned Plastic solid or the sintered compact 20 with which it was

[0102] First, sinking-in down stream processing concerning the 1st example is performed by using a high pressure vessel 30, as the example is shown in drawing 10 A and drawing 10 B. The axis of rotation 38 is formed in a part for the simultaneously center section of the both-sides boards 34 and 36 in the angle tubed case 32, respectively, and this high pressure vessel 30 can rotate now case 32 the very thing focusing on this axis of rotation 38.

[0103] In the case 32, the heater 42 for heating the fireproof container 40 and this fireproof container 40 is formed. The fireproof container 40 has the angle tubed configuration of having a centrum 44, and the opening 46 which is open for free passage to a centrum 44 is formed in a part for the height direction center section in one side. The molten metal of the copper which is sinking-in material, the lump of a copper alloy 22, copper, or a copper alloy 22 is held in one centrum (it is hereafter described as 1st room 44a) focusing on opening 46 among centruns 44. Even if two or more the Plastic solids or sintered compacts 20 whose centrum (it is hereafter described as 2nd room 44b) of another side is a sunk in

sample are attached and 2nd room 44b is located up, the support mechanism of a Plastic solid or a sintered compact 20 is established so that a Plastic solid or a sintered compact 20 may not fall. In addition, a heater 42 is 100 kgf/cm². It considers as the structure which is not destroyed under the high-pressure force.

[0104] Moreover, the inlet pipe 48 for vacuum length, and the introductory pipe 50 and delivery tube 52 of the gas for high-pressure force grant and the gas for cooling are prepared in the aforementioned high pressure vessel 30.

[0105] Next, it explains, referring to drawing 11 about the sinking-in process and cooling process using the aforementioned high pressure vessel 30. A sinking-in process is performed by stepping on the following processes.

[0106] First, a high pressure vessel 30 is made into an initial state, and 1st room 44a of the fireproof container 40 prepared in the high pressure vessel 30 is located caudad (Step S1).

[0107] Then, the lump of a Plastic solid or a sintered compact 20, copper, or a copper alloy 22 is put in in the fireproof container 40 of a high pressure vessel 30, the lump of copper or a copper alloy 22 is stationed in 1st room 44a of the fireproof container 40, and a Plastic solid or a sintered compact 20 is set to 2nd room 44b (Step S2). Then, after sealing a high pressure vessel 30 (and fireproof container 40), vacuum length in a high pressure vessel 30 is performed through an inlet pipe 48, and the inside of this high pressure vessel 30 is changed into a negative pressure state (Step S3).

[0108] Then, it energizes at a heater 42 and the heating dissolution of the copper or the copper alloy 22 of 1st room 44a is carried out (step S4). The following explanation describes "melting copper" the copper or the copper alloy 22 by which the heating dissolution was carried out for convenience.

[0109] Then, 180 degrees of high pressure vessels 30 are turned in the stage to which the melting copper in 1st room 44a reached predetermined temperature (Step S5). Since 1st room 44a is located up by this revolution operation, the melting copper in 1st room 44a falls in 2nd room 44b caudad located with a self-weight, and will be in the state where the Plastic solid or the sintered compact 20 was dipped in melting copper in this stage.

[0110] Then, the gas for sinking in is introduced in a high pressure vessel 30 through the gas introduction pipe 50, and the inside of this high pressure vessel 30 is pressurized (Step S6). By this pressure treatment, the aforementioned melting copper will sink in into the open-pore section of a Plastic solid or a sintered compact 20.

[0111] When the aforementioned sinking-in process is completed, it shifts to a cooling process immediately. This cooling process turns the 180 degrees of the aforementioned high pressure vessels 30 again first (Step S7). By this revolution operation, since 1st room 44a is located caudad, the melting copper in 2nd room 44b will fall in 1st room 44a again. The melting copper to which some melting copper falls to 1st room 44a located caudad by the pressure treatment (sinking-in processing) in the aforementioned step S6 from sinking in into the open pore of a Plastic solid or a sintered compact 20 is residual melting copper with which it did not sink into a Plastic solid or a sintered compact 20. In the stage to which residual melting copper fell in 1st room 44a, the Plastic solid or sintered compact 20 with which melting copper sank in will remain in 2nd room 44b.

[0112] Then, the gas for cooling is introduced in a high pressure vessel 30 through the gas introduction pipe 50 at the same time it exhausts the gas for sinking in in a high pressure vessel 30 through the gas delivery tube 52 (Step S8). The gas for cooling circulates through the inside of a high pressure vessel 30 uniformly, and a high pressure vessel 30 is quickly cooled by exhaust air of this gas for sinking in, and introduction of the gas for cooling. The copper or the copper alloy 22 into which it sank is firmly held at a Plastic solid or a sintered compact 20 from the melting copper with which it sank into the aforementioned Plastic solid or the sintered compact 20 solidifying and carrying out cubical expansion to the lump of copper or a copper alloy 22 quickly by this prompt cooling.

[0113] It is the stage which processing at the aforementioned step S7 ended, and a high pressure vessel 30 or melting copper cools the Plastic solid or sintered compact 20 with which it sank in, and gold is made to contact, as drawing 11 is shown within the limit of an alternate long and short dash line as other cooling processes (step S9). A Plastic solid or a sintered compact 20 will be quickly cooled by this

contact which it cools and is in gold. In this cooling process, it may be made to carry out, cooling and carrying out water cooling of the gold, and may be made to carry out by carrying out and installing gold in the cold or the place distant from the heating object. It is better to have considered the feeding effect and to cool especially.

[0114] Thus, the copper to the Plastic solid or sintered compact 20 generally made difficult by stepping on the aforementioned sinking-in process and a cooling process or sinking-in processing of a copper alloy 22 can be performed easily. And the copper to a Plastic solid or a sintered compact 20 or the rate of impregnation of a copper alloy 22 can be raised. The property which suited the balance of the coefficient of thermal expansion and the thermal conductivity which are called for with actual electronic parts (a semiconductor device is included) etc., i.e., the average coefficient of thermal expansion from a room temperature to 200 degrees C, at $2.0 \times 10^{-6}/\text{degree-C}$ - $9.0 \times 10^{-6}/\text{degree C}$ And thermal conductivity can raise the productivity of the heat sink 10 which has more than 180 W/mK (room temperature).

[0115] Moreover, a dynamic friction coefficient can be as low as 0.1-0.03, can show high lubricity, and can also make specific resistance apply to sliding material, bearing material, etc. from a bird clapper low. Furthermore, since cutting ability improves, precision processing of moving parts, such as a heat sink and a piston in sliding material and bearing material, or an automobile engine, can be made to realize.

[0116] In the aforementioned step S4, when energizing at a heater 42 and carrying out the heating dissolution of the copper or the copper alloy 22 of 1st room 44a, the predetermined temperature (heating temperature) which shifts to Step S5 has good temperature high 10 degrees C - 250 degrees C, and its desirable temperature higher 50 degrees C - 200 degrees C than the aforementioned melting point is more desirable than the melting point of copper or a copper alloy 22. In this case, it is desirable to make the inside of a high pressure vessel 30 into the vacuum of 1 or less Torr.

[0117] Moreover, as a pressure given to a high pressure vessel 30 by introducing the gas for sinking in in a high pressure vessel 30 in the aforementioned step S6, it is 10 kgf/cm². It is 1000 kgf/cm² above. It considers as the following. In this case, 50 kgf/cm² It is 200 kgf/cm² above. The following is desirable and they are 100 kgf/cm² more preferably. It is 150 kgf/cm² above. It is the following.

[0118] Moreover, the grant time of the pressure to a high pressure vessel 30 has 10 seconds or more and 30 good minutes or less, and 2 minutes or more and its 10 minutes or less are desirably desirable.

[0119] In addition, as pore of a Plastic solid or a sintered compact 20, 90% or more of things whose average diameter is 5 micrometers - 200 micrometers exists, and it is desirable for porosity to be 10vol (s)% - 35vol%.

[0120] And wettability improvement with a Plastic solid or a sintered compact 20, copper, or a copper alloy 22 is aimed at, and it is desirable beforehand to a Plastic solid or a sintered compact 20 to perform 3 - 5vol% nickel plating desirably 1 - 10vol%. In this case, it can make it realize to sink in by the low voltage force. As nickel plating here, the plating of nickel-P and the plating of nickel-B are included, for example.

[0121] And in relation to performing 1 - 10vol% nickel plating to the aforementioned Plastic solid or a sintered compact 20 beforehand, you may be made to perform palladium plating to a Plastic solid or a sintered compact 20 beforehand. In this case, it is also possible to give composite coatings with nickel or Si in addition to the aforementioned palladium plating.

[0122] On the other hand, in the period from the temperature at the time of sinking in to 800 degrees C, as for the cooling rate in a cooling process, it is desirable to carry out in -400 degrees C/hour or more, and its hour is more preferably desirable in -800 degrees C /or more.

[0123] In the aforementioned step S6, the pressure given to a high pressure vessel 30 is a pressure required in order to infiltrate copper or a copper alloy 22 into the open-pore section of a Plastic solid or a sintered compact 20 completely. In this case, if the open pore which does not sink into a Plastic solid or a sintered compact 20 in copper or the copper alloy 22 remains, in order to check thermal conductivity remarkably, it is necessary to give a high pressure.

[0124] This pressure is the outline. Washburn Although it can presume by the formula, such big force is needed that a pore diameter is small. For example, the pressure of 4 kgf/cm² is needed, respectively at

the time of 40 kgf/cm² and 10 micrometerphi at the time of 400 kgf/cm² and 1.0 micrometerphi at the time of 0.1 micrometerphi.

[0125] At this time, it is required to shorten time for a Plastic solid or a sintered compact 20, copper, or a copper alloy 22 to contact directly at an elevated temperature. the 1st processing condition (pressure = given to a high pressure vessel 30 -- more than 10 kgf/cm²) 1000 kgf/cm² The following and 2nd processing condition (heating temperature = copper or temperature higher 10 degrees C - 250 degrees C than the melting point of a copper alloy 22), Or by satisfying the 3rd processing condition (1 - 10vol% nickel plating being beforehand performed to a Plastic solid or a sintered compact 20), contact time with a Plastic solid or a sintered compact 20, copper, or a copper alloy 22 can be shortened.

[0126] Moreover, when wettability with a Plastic solid or a sintered compact 20, copper, or a copper alloy 22 is bad, it is required to apply the high-pressure force to fully infiltrate copper or a copper alloy 22. The 3rd processing condition (1 - 10vol% nickel plating is beforehand performed to a Plastic solid or a sintered compact 20), Or the pore front face of a Plastic solid or a sintered compact 20 is reformed by performing the 4th processing condition (a Plastic solid or a sintered compact 20 -- beforehand -- Si -- 1 - 10vol% -- it being made to sink in). Since wettability with a Plastic solid or a sintered compact 20, copper, or a copper alloy 22 becomes good, copper or a copper alloy 22 can be infiltrated more even into finer pore by the low voltage force.

[0127] Next, some modifications are explained about the sinking-in process of sinking-in down stream processing concerning the 1st example, referring to drawing 12 and drawing 13.

[0128] The sinking-in process concerning the 1st modification makes a high pressure vessel 30 an initial state first, as shown in drawing 12, and it locates caudad 1st room 44a of the fireproof container 40 prepared in the high pressure vessel 30 (Step S101).

[0129] Then, a Plastic solid or a sintered compact 20 is set to 2nd room 44b, and the copper or the copper alloy (melting copper) 22 by which melting was carried out beforehand is slushed in 1st room 44a (Step S102).

[0130] Then, a high pressure vessel 30 is turned 180 degrees in the stage to which the melting copper in 1st room 44a reached predetermined temperature (Step S103). By this revolution operation, the melting copper in 1st room 44a falls to 2nd room 44b located caudad, and it will be in the state where the Plastic solid or the sintered compact 20 was dipped in melting copper in this stage.

[0131] Then, the gas for sinking in is introduced in a high pressure vessel 30 through the gas introduction pipe 50, and the inside of this high pressure vessel 30 is pressurized (Step S104). By this pressure treatment, the aforementioned melting copper will sink in into the open-pore section of a Plastic solid or a sintered compact.

[0132] Next, if the sinking-in process concerning the 2nd modification is explained, the high pressure vessel 30 in which the dashboard (not shown) which becomes a part for the internal center section of the fireproof container 40 currently installed in the high pressure vessel 30 from porosity ceramic material was prepared will be used for the sinking-in process concerning this 2nd modification. The inside of the fireproof container 40 will be divided into 1st room 44a and 2nd room 44b by the aforementioned dashboard.

[0133] It is desirable to use the porosity ceramic material whose pore diameter porosity is 40% - 90%, and is 0.5mm - 3.0mm as the aforementioned dashboard, and it is desirable to use the porosity ceramic material whose pore diameter porosity is 70% - 85% more preferably, and is 1.0mm - 2.0mm.

[0134] And 1st room 44a of the fireproof container 40 which the sinking-in process concerning this 2nd modification makes a high pressure vessel an initial state first as shown in drawing 13, and is prepared in the high pressure vessel is located, and 2nd room 44b is located up below (Step S201).

[0135] Then, the lump of a Plastic solid or a sintered compact 20, copper, or a copper alloy 22 is put in in the fireproof container 40 of a high pressure vessel 30, the lump of copper or a copper alloy 22 is stationed in 2nd room 44b located up, and a Plastic solid or a sintered compact 20 is set to 1st room 44a located below (Step S202).

[0136] Then, after sealing a high pressure vessel 30 (and fireproof container 40), vacuum length in a high pressure vessel 30 is performed through an inlet pipe 48, and the inside of this high pressure vessel

30 is changed into a negative pressure state (Step S203).

[0137] Then, it energizes at a heater 42 and the heating dissolution of the copper or the copper alloy 22 of 2nd room 44b is carried out (Step S204). In the stage which reached predetermined temperature, the aforementioned melting copper introduces the gas for sinking in in a high pressure vessel 30 through the gas introduction pipe 50, and pressurizes the inside of this high pressure vessel 30 (Step S205). By this pressure treatment, the melting copper in 2nd room 44b located up will pass a dashboard, and it will sink in into the open-pore section of the Plastic solid in 1st room 44a located caudad, or a sintered compact 20.

[0138] Next, it explains, referring to drawing 14 - drawing 19 about sinking-in down stream processing concerning the 2nd example.

[0139] Specifically, sinking-in down stream processing concerning this 2nd example is performed by using the hotpress furnace 60, as the example is shown in drawing 14. The upper punch 68 made free [the upper part to an attitude in the fireproof container 66 of upper surface opening fixed in the tubed case 62 on the lower punch 64 which serves as a pedestal, and this lower punch 64, and this fireproof container 66] for this hotpress furnace 60, and the heater 70 for heating the aforementioned fireproof container 66 are formed. In addition, the inlet pipe 72 for vacuum length is formed in this hotpress furnace 60.

[0140] The aforementioned fireproof container 66 has the tubed configuration of having a centrum 74. The flange 76 to which upper punch 68 determines the distance of this upper punch 68 as the side is formed, and the packing 78 for contacting the upper peripheral surface of the aforementioned fireproof container 66, and changing the fireproof container 66 into a sealing state is attached in the inferior surface of tongue of this flange 76. On the other hand, the path 80 for circulating the fluid for cooling for cooling the inside of the fluid for heating and the fireproof container 66 for heating the inside of the fireproof container 66 is established in the interior of lower punch 64.

[0141] And sinking-in down stream processing concerning the 2nd example is performed by stepping on the process shown in drawing 15.

[0142] First, it supplies in the centrum 74 of the fireproof container 66 in order of the lump of a lower shell Plastic solid or a sintered compact 20, the filter 54 made from a porosity ceramic, copper, or a copper alloy 22 (Step S301). It is desirable to use the porosity ceramic material whose pore diameter porosity is 40% - 90%, and is 0.5mm - 3.0mm as a filter 54, and it is desirable to use the porosity ceramic material whose pore diameter porosity is 70% - 85% more preferably, and is 1.0mm - 2.0mm.

[0143] Moreover, the aforementioned filter 54 can achieve the function as a dashboard to divide the lump of a Plastic solid or a sintered compact 20, copper, or a copper alloy 22, and to set both in the non-contact state, and can define the portion to which the Plastic solid or sintered compact 20 under upper locus 74a and a filter 54 was set in the portion to which the copper on a filter 54 or the lump of a copper alloy 22 was set among centurms 74 as lower locus 74b.

[0144] Next, vacuum length in the fireproof container 66 is performed through an inlet pipe 72, and the inside of both locus 74a of this fireproof container 66 and 74b is changed into a negative pressure state (Step S302).

[0145] Then, it energizes at a heater 70 and the heating dissolution of the copper or the copper alloy 22 in upper locus 74a is carried out (Step S303). It combines with the energization to the aforementioned heater 70, and the fluid for heating is poured and you may make it heat the interior of the fireproof container 66 in the path 80 of lower punch 64 at this time.

[0146] In the stage which reached predetermined temperature, the copper in upper locus 74a or the melt (melting copper) of a copper alloy 22 moves upper punch 68 caudad, and pressurizes the upper interior of a room to place constant pressure (Step S304). At this time, the fireproof container 66 is sealed by contact and mutual press with the packing 78 attached in the flange 76 of upper punch 68, and the upper peripheral surface of the fireproof container 66, and un-arranging [that internal melting copper leaks out of the fireproof container 66] is prevented effectively.

[0147] It sinks into the Plastic solid or sintered compact 20 installed in this lower locus 74b at the same time the copper in upper locus 74a which became place constant pressure, or the melt (melting

copper) of a copper alloy 22 is extruded through a filter 54 by the pressure in upper locus 74a at the lower locus 74b side and is introduced in this lower locus 74b.

[0148] The melting copper with which it sank into (Step S305), the Plastic solid, or the sintered compact 20 is made to solidify by pouring the fluid for cooling to the path 80 in lower punch 64, and making it cool the fireproof container 66 toward the upper part shortly in the stage used as the terminal point (at the time of to sink [of the melting copper into a Plastic solid or a sintered compact 20] in being made into a saturation state) set up beforehand from a lower part by time management. The pressurization state in the fireproof container 66 by upper punch 68 and lower punch 64 is held until solidification is completed.

[0149] When solidification is completed, copper or a copper alloy 22 picks out the Plastic solid or sintered compact 20 with which it sank in from the fireproof container 66 (Step S306).

[0150] In this manufacture method, since a Plastic solid or a sintered compact 20 is made to contact promptly, and these are made into a pressurization state and the pressurization state was further held till the completion of cooling operation after heating fully deaerating a Plastic solid or a sintered compact 20, copper, or a copper alloy 22 and fusing copper or a copper alloy 22, copper or a copper alloy 22 can be efficiently sunk into a Plastic solid or a sintered compact 20. Although it was made to perform sinking-in processing under negative pressure in the aforementioned example, you may carry out under an ordinary pressure.

[0151] Thus, since it is made to contact mutually and was made to perform sinking-in processing after setting both melting copper, a Plastic solid, and the sintered compact 20 under a pressurization state, the failure of pressure at the time of contacting both can be made into the minimum, and the pressurization state at the time of sinking-in processing can be made to hold good.

[0152] Although packing 78 was formed in the inferior surface of tongue of the flange 76 in upper punch 68 in the aforementioned example in order to prevent the leakage of melting copper, you may make it form packing 78 in the upper peripheral surface of the fireproof container 66, as the two-dot chain line of drawing 14 shows. moreover, packing which made ring-like split-mold packing 100 the two-sheet pile as shown in drawing 16 A and drawing 16 B -- you may make it form a member 102 in the lower part of upper punch 68, as shown in drawing 17 in this case, packing -- when melting copper enters into the centrum 104 of a member 102, the diameter of each split-mold packing 100 will be expanded, upper locus 74a will be sealed as a result, and the leakage of melting copper will be prevented

[0153] Next, it explains, referring to drawing 18 and drawing 19 about the modification of sinking-in down stream processing concerning the 2nd example. In addition, a same sign is attached about drawing 14 and a corresponding thing, and the duplication explanation is omitted.

[0154] the filter constituted from a porosity ceramic by the height direction center section of the centrum 74 in the fireproof container 66 as a hotpress furnace 60 in sinking-in down stream processing concerning this modification as shown in drawing 18 -- a member 110 fixes and that by which the door 112 was attached in the side of lower locus 74b free [opening and closing] is used therefore, the filter among the centums 74 of the fireproof container 66 -- the portion above a member 110 -- upper locus 74a -- becoming -- a filter -- the portion below a member 110 is set to lower locus 74b About the door 112 especially attached in lower locus 74b, when this door 112 is closed, the structure where lower locus 74b is sealed is adopted.

[0155] And sinking-in down stream processing concerning this modification is performed by stepping on the process shown in drawing 19 .

[0156] First, the lump of copper or a copper alloy 22 is thrown in in upper locus 74a of the fireproof container 66, the door 112 of lower locus 74b is opened, and a Plastic solid or a sintered compact 20 is thrown in in this lower locus 74b (S401).

[0157] Next, after closing a door 112, sealing lower locus 74b and sealing the hotpress furnace 60 further, vacuum length in the fireproof container 66 is performed through an inlet pipe 72, and the inside of both locus 74a of this fireproof container 66 and 74b is changed into a negative pressure state (Step S402).

[0158] Then, it energizes at a heater 70 and the heating dissolution of the copper or the copper alloy 22 in upper locus 74a is carried out (Step S403). It combines with the energization to the aforementioned heater 70 also in this case, and the fluid for heating is poured and you may make it heat the interior of the fireproof container 66 in the path 80 of lower punch 64.

[0159] In the stage which reached predetermined temperature, the copper in upper locus 74a or the melt (melting copper) of a copper alloy 22 moves upper punch 68 caudad, and pressurizes the inside of upper locus 74a to place constant pressure (Step S404).

[0160] the copper in upper locus 74a which became place constant pressure, or the melt (melting copper) of a copper alloy 22 -- the pressure in upper locus 74a -- a filter -- it sinks into the Plastic solid or sintered compact 20 installed in this lower locus 74b at the same time it extrudes through a member 110 at the lower locus 74b side and is introduced in this lower locus 74b

[0161] The melting copper with which it sank into (Step S405), the Plastic solid, or the sintered compact 20 is made to solidify by pouring the fluid for cooling to the path 80 in lower punch 64, and making it cool the fireproof container 66 toward the upper part shortly in the stage used as the terminal point set up beforehand from a lower part by time management.

[0162] When solidification is completed, copper or a copper alloy 22 picks out the Plastic solid or sintered compact 20 with which it sank in from the fireproof container 66 (Step S406).

[0163] Also in sinking-in down stream processing concerning this modification, copper or a copper alloy 22 can be efficiently sunk into a Plastic solid or a sintered compact 20 like sinking-in down stream processing concerning the 2nd example. Moreover, after setting both melting copper, a Plastic solid, and the sintered compact 20 under a pressurization state also in this case, in order to make it contact mutually and to perform sinking-in processing, the failure of pressure at the time of contacting both can be made into the minimum, and the pressurization state at the time of sinking-in processing can be made to hold good. In the aforementioned example, although it was made to perform sinking-in processing under negative pressure, you may carry out under an ordinary pressure.

[0164] Next, it explains, referring to drawing 20 and drawing 21 about sinking-in down stream processing concerning the 3rd example. In addition, a same sign is described about drawing 14 and a corresponding thing, and the duplication explanation is omitted.

[0165] Although sinking-in down stream processing concerning this 3rd example is almost the same as theoretically as sinking-in down stream processing concerning the 2nd example of the above, in a sinking-in process, it contacts a Plastic solid or a sintered compact 20, copper, or a copper alloy 22 under negative pressure or an ordinary pressure, and differs at the point which heat-treats and fuses the aforementioned copper or a copper alloy 22.

[0166] Specifically, as shown in drawing 20, it differs at the point supplied in order of the lower shell SiC20, copper, or a copper alloy 22, without throwing in a filter 54 in the fireproof container 66 of the hotpress furnace 60 used in sinking-in down stream processing concerning the 2nd example.

[0167] And sinking-in down stream processing concerning the 3rd example is performed by stepping on the process shown in drawing 21.

[0168] First, it supplies in the centrum 74 of the fireproof container 66 in order of the lump of a lower shell Plastic solid or a sintered compact 20, copper, or a copper alloy 22 (Step S501).

[0169] Next, after sealing the hotpress furnace 60, vacuum length in the fireproof container 66 is performed through an inlet pipe 72, and the inside of this fireproof container 66 is changed into a negative pressure state (Step S502).

[0170] Then, it energizes at a heater 70 and the heating dissolution of the copper or the copper alloy 22 in the fireproof container 66 is carried out (Step S503). It combines with the energization to the aforementioned heater 70, and the fluid for heating is poured and you may make it heat the interior of the fireproof container 66 in the path 80 of lower punch 64 at this time.

[0171] In the stage which reached predetermined temperature, the copper in the fireproof container 66 or the melt (melting copper) of a copper alloy 22 moves upper punch 68 caudad, and pressurizes the inside of the fireproof container 66 to place constant pressure (Step S504).

[0172] In the melt (melting copper) of the copper which became place constant pressure, or a copper

alloy 22, the pressure in the fireproof container 66 sinks into a Plastic solid or a sintered compact 20. [0173] (Step S505) and the melting copper with which it sank into SiC20 are made to solidify by pouring the fluid for cooling to the path 80 in lower punch 64, and making it cool the fireproof container 66 toward the upper part shortly in the stage used as the terminal point (at the time of to sink [of the melting copper into SiC20] in being made into a saturation state) set up beforehand from a lower part by time management. The pressurization state in the fireproof container 66 by upper punch 68 and lower punch 64 is held until solidification is completed.

[0174] When solidification is completed, copper or a copper alloy 22 picks out the Plastic solid or sintered compact 20 with which it sank in from the fireproof container 66 (Step S506).

[0175] It heats also in this manufacture method, fully deaerating a Plastic solid or a sintered compact 20, copper, or a copper alloy 22. Since the inside of the fireproof container 66 is made into a pressurization state and the pressurization state was further held till the completion of cooling operation after fusing copper or a copper alloy 22, where copper or a copper alloy 22, a Plastic solid, or a sintered compact 20 is contacted Copper or a copper alloy 22 can be efficiently sunk into a Plastic solid or a sintered compact 20.

[0176] Although the metal into which a Plastic solid or a sintered compact 20 is infiltrated was made into copper or the copper alloy 22 in the aforementioned example, 0.001wt% - 0.1wt% calcium, Ag, Cd, Zn, Au, Pd, In, Ga, Pt, Cr, germanium, Rh, Sb, Ir, Co, As, Zr, Fe, Sn, Mn, P, Pb, etc. and gas constituents may be included in copper as an impurity. Of course, a pure copper is sufficient.

[0177] Moreover, if the yarn construct 302 which is flexibility middle material as a Plastic solid or a sintered compact 20 is used and it combines with sinking [of copper or a copper alloy 22] in, and melting, in a Plastic solid or a sintered compact 20, there will be an inclination for a long and slender open pore to remain in the gap of yarn, and copper or a copper alloy 22 will tend to permeate to the back of a Plastic solid or a sintered compact 20 along with this long and slender open pore.

[0178] Here, the rate of an open pore of a Plastic solid or a sintered compact 20 and its pore size perform regulation of the concentration inclination of the copper in a Plastic solid or a sintered compact 20, or a copper alloy 22. For example, in raising the concentration of copper or a copper alloy 22 rather than the other place by 0.01-10mm from the surface of a Plastic solid or a sintered compact 20, it is set the rate of an open pore in the request high concentration portion concerned of a Plastic solid or a sintered compact 20 5 to 50%, and average pore size is set to 1 micrometers or more, and the rates of an open pore and average pore size of a portion other than the request high concentration portion concerned are used below as this high concentration portion.

[0179] Preferably, 10 to 50%, average pore size sets the rate of an open pore in the request high concentration portion concerned of a Plastic solid or a sintered compact 20 to 10 micrometers or more, and it uses the rates of an open pore and average pore size of a portion other than the request high concentration portion concerned below as this high concentration portion.

[0180] It is because copper other than a request part or osmosis of a copper alloy 22 will advance exceeding the amount of copper or a copper alloy 22, and the control range of other manufacture parameters, such as contact time, if it will be hard to remove the binder in a Plastic solid or a sintered compact 20 if the aforementioned rate of an open pore is made into less than 5%, and it is made larger than 50%.

[0181] In order to make the rate of an open pore of a Plastic solid or a sintered compact 20 become small toward the interior of a surface shell, it carries out by arranging and fabricating from the inside, two or more preforming DOSHITO which consists of preforming DOYAN from which a binder pitch differs so that a binder pitch may become large toward a surface side.

[0182] Thus, since the concentration of copper or a copper alloy 22 is high, when the Plastic solid or the sintered compact 20 with the concentration inclination of the made copper or a copper alloy 22 is used for a heat sink near a front face and the front face, it is suitable for collection of heat, and diffusion of heat, and since the rate of the interior for which a carbon fiber skeleton accounts is high, it is excellent in thermal and mechanical shock nature.

[0183] In addition, the composite material concerning this invention and its manufacture method of the

ability of various composition to be taken are natural, without deviating not only from the gestalt of above-mentioned operation but from the summary of this invention.

[0184]

[Effect of the Invention] Since copper or the copper alloy is carrying out uniform distribution into the carbon fiber skeleton according to the composite material concerning this invention, and its manufacture method as explained above, thermal and the effect that the structure material excellent in mechanical shock nature and parts are made are attained.

[0185] Moreover, since according to the composite material concerning this invention, and its manufacture method a carbon fiber and copper serve as a principal component and constitute uniform composition, the effect that the structure material excellent in the sliding property and parts are made is attained.

[Translation done.]

* NOTICES *

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] Composite material characterized by having the mineral matter in which much tubular continuous puncturing was formed, and the matrix which consists of a metal with which it sank into the aforementioned puncturing of the aforementioned mineral matter, and which contains copper at least.

[Claim 2] Composite material characterized by the rate of an open pore of the aforementioned mineral matter before infiltrating the aforementioned metal being 10% - 35% in a composite material according to claim 1.

[Claim 3] It is the composite material which the yarn which contains the bunch of a carbon fiber and carbon components other than a carbon fiber at least is together put in three dimensions, and the aforementioned mineral matter consists of the yarn aggregates united with the grade which these yarn does not separate mutually in a composite material according to claim 1 or 2, and is characterized by the aforementioned puncturing being a crevice formed between the yarn which adjoins mutually in the aforementioned yarn aggregate.

[Claim 4] It is the composite material characterized by being constituted by arranging the aforementioned yarn of plurality [object / yarn array / aforementioned] almost in / parallel / two dimensions, respectively by carrying out the laminating of the yarn array object of plurality / aggregate / yarn / aforementioned] in a composite material according to claim 3, and being constituted.

[Claim 5] Composite material characterized by the longitudinal direction of each yarn in the adjoining aforementioned yarn array object crossing mutually in a composite material according to claim 4.

[Claim 6] It is the composite material characterized by forming the three-dimensions network structure because the aforementioned matrix continues mutually in the aforementioned mineral matter in a composite material given in any 1 term of claims 1-5.

[Claim 7] each aforementioned yarn array which the aforementioned matrix is mostly arranged by parallel in two dimensions in accordance with each aforementioned yarn array object, and adjoins in a composite material according to claim 5 or 6 -- the composite material characterized by the aforementioned matrix which sank into the inside of the body continuing mutually

[Claim 8] The manufacture method of composite material characterized by providing the following. The 1st process which produces many carbon fiber bunches with the carbon fiber, the carbon-powder object, and the organic binder of a book, forms the coat made of a resin in the circumference of this carbon fiber bunch, and produces a yarn construct. The 2nd process which is made to arrange many aforementioned yarn constructs and produces an array object. The 3rd process which is made to carry out the laminating of the aforementioned array object, and produces a layered product. The 4th process which produces the sintered compact with which pressurization baking of the aforementioned layered product was carried out, and much tubular continuous puncturing was formed, and the 5th process into which the metal which contains copper in the aforementioned puncturing of the aforementioned sintered compact at least is infiltrated.

[Claim 9] Setting to the manufacture method of a composite material according to claim 8, the 4th process of the above is the aforementioned layered product with a hotpress 300-2000-degree-C,

ordinary-pressure - 500 kgf/cm² The manufacture method of the composite material characterized by fabricating under conditions, producing a Plastic solid, calcinating this Plastic solid at 600-1200 degrees C in the atmosphere, and producing the aforementioned sintered compact.

[Claim 10] The manufacture method of the composite material characterized by carbonizing the aforementioned Plastic solid at 600-1200 degrees C, graphitizing at 1500-3000 degrees C in the manufacture method of a composite material according to claim 9, and producing the aforementioned sintered compact.

[Claim 11] It is the manufacture method of the composite material characterized by the aforementioned carbon fibers being either a pitch based carbon fiber and a PAN system carbon fiber in the manufacture method of a composite material given in any 1 term of claims 8-10.

[Claim 12] The manufacture method of a composite material given in any 1 term of claims 8-11 characterized by providing the following. the 5th process of the above heats the aforementioned sintered compact and the metal which contains copper at least in the state where it is not made to contact mutually, and contacts both in the stage which reached predetermined temperature -- making -- immediately -- the high-pressure force -- giving -- the aforementioned metal -- the aforementioned sintering -- the sinking-in process infiltrated into the inside of the body The cooling process at which the aforementioned metal cools at least the aforementioned sintered compact with which it sank in.

[Claim 13] The manufacture method of a composite material according to claim 12 characterized by providing the following. The aforementioned sinking-in process is a process which changes the inside of this container into negative pressure or an ordinary-pressure state after putting the aforementioned sintered compact and the aforementioned metal into the same container and arranging the aforementioned metal down [in the aforementioned container]. The process which carries out the heating dissolution of the aforementioned metal, and makes the aforementioned metal molten metal. The process in which the aforementioned molten metal revolves the aforementioned container and makes the aforementioned porosity sintered compact immersed into the aforementioned molten metal in this container in the stage which reached predetermined temperature. introducing the gas for sinking in in the aforementioned container, and pressurizing the inside of the aforementioned container -- the aforementioned molten metal -- the aforementioned sintering -- the process infiltrated into the inside of the body

[Claim 14] The manufacture method of a composite material according to claim 12 characterized by providing the following. The aforementioned sinking-in process is a process which changes the inside of this container into negative pressure or an ordinary-pressure state after putting the aforementioned metal and the aforementioned sintered compact by which melting was carried out beforehand into the same container and arranging the aforementioned molten metal down [in the aforementioned container]. The process in which the aforementioned molten metal revolves the aforementioned container and makes the aforementioned sintered compact immersed into the aforementioned molten metal in this container in the stage which reached predetermined temperature. introducing the gas for sinking in in the aforementioned container, and pressurizing the inside of the aforementioned container -- the aforementioned molten metal -- the aforementioned sintering -- the process infiltrated into the inside of the body

[Claim 15] It is the manufacture method of the composite material characterized by to have the process which the aforementioned cooling process revolves the aforementioned container and separates the aforementioned sintered compact after sinking in, and non-sinking in residual molten metal, and the process which extracts the aforementioned gas for sinking in in the aforementioned container, introduces the gas for cooling promptly, and cools the inside of a container in the manufacture method of a composite material according to claim 13 or 14.

[Claim 16] It is the manufacture method of the composite material characterized by having the process which the aforementioned cooling process revolves the aforementioned container in the manufacture method of a composite material according to claim 13 or 14, and separates the aforementioned sintered compact after sinking in, and non-sinking in residual molten metal, and the process which cools the inside of the aforementioned container by cooling the aforementioned container and making gold

contact.

[Claim 17] The pressure which carries out the aforementioned grant in the manufacture method of a composite material given in any 1 term of claims 12-16 is 10 kgf/cm². It is 1000 kgf/cm² above. The manufacture method of the composite material characterized by being the following.

[Claim 18] It is the manufacture method of the composite material characterized by the grant time of the aforementioned pressure being 10 seconds or more and 30 minutes or less in the manufacture method of a composite material given in any 1 term of claims 12-17.

[Claim 19] It is the manufacture method of the composite material characterized by the aforementioned predetermined temperature being temperature higher 10 degrees C - 250 degrees C than the melting point of the aforementioned metal in the manufacture method of a composite material given in any 1 term of claims 12-18.

[Claim 20] It is the manufacture method of the composite material characterized by the cooling rate in the aforementioned cooling process being -400 degrees C/hour or more from the temperature at the time of sinking in to 800 degrees C in the manufacture method of a composite material given in any 1 term of claims 12-19.

[Claim 21] It is the manufacture method of the composite material characterized by the aforementioned negative pressure state being 1 or less Torr in the manufacture method of a composite material given in any 1 term of claims 12-20.

[Claim 22] The manufacture method of the composite material characterized by the rate of an open pore of the aforementioned sintered compact before infiltrating the aforementioned metal being 10% - 35% in the manufacture method of a composite material given in any 1 term of claims 8-21.

[Claim 23] It is the manufacture method of the composite material characterized by performing 1 - 10vol% nickel plating beforehand in the manufacture method of a composite material given in any 1 term of claims 8-22, as for the aforementioned sintered compact.

[Claim 24] It is the manufacture method of a composite material according to claim 12 that it is characterized by the aforementioned cooling process cooling the aforementioned sintered compact with which the aforementioned molten metal sank in under the aforementioned pressurization by having the following. The aforementioned sinking-in process is a process which changes the aforementioned sintered compact and the aforementioned metal of each other into negative pressure or an ordinary-pressure state in the state of non-contact. The process which heats the aforementioned sintered compact and the aforementioned metal to predetermined temperature under negative pressure or an ordinary pressure, and fuses the aforementioned metal. The process which sets the aforementioned molten metal in the pressurization state. the sintered compact under the molten metal under the aforementioned pressurization, the aforementioned negative pressure, or an ordinary pressure is contacted promptly -- making -- and a pressurization state -- setting -- the bottom of pressurization -- the aforementioned sintering -- the process which infiltrates the aforementioned molten metal into the inside of the body

[Claim 25] in the manufacture method of a composite material according to claim 24, the sintered compact and molten metal which were heat-treated in the state of non-contact under negative pressure or the ordinary pressure are set in both the pressurization state, and it contacts promptly after that -- making -- the aforementioned sintering -- the manufacture method of the composite material characterized by infiltrating the aforementioned metal into the inside of the body

[Claim 26] It is the manufacture method of a composite material according to claim 12 that it is characterized by the aforementioned cooling process cooling the aforementioned sintered compact with which the aforementioned molten metal of the bottom room of the above sank in under the aforementioned pressurization state by having the following. The aforementioned sinking-in process is a process which arranges the aforementioned sintered compact and the aforementioned metal, respectively to the locus of the upper and lower sides of the same container divided into two rooms with the porosity filter, and makes each locus negative pressure or an ordinary-pressure state. The process which heats vertical both locus to predetermined temperature under negative pressure or an ordinary pressure, and fuses the aforementioned metal. The process which sets an above top room in the pressurization state. lower locus after making the molten metal of the upper locus under the

aforementioned pressurization permeate lower locus through the aforementioned porosity filter and contacting it to the aforementioned sintered compact under negative pressure or an ordinary pressure promptly -- a pressurization state -- carrying out -- the aforementioned sintering under pressurization -- the process which infiltrates the aforementioned molten metal into the inside of the body

[Claim 27] It is the manufacture method of a composite material according to claim 12 that it is characterized by the aforementioned cooling process cooling the aforementioned sintered compact with which the aforementioned molten metal of lower locus sank in under the aforementioned pressurization by having the following. The aforementioned sinking-in process is a process which arranges the aforementioned sintered compact and the aforementioned metal, respectively to the locus of the upper and lower sides of the same container divided into two rooms with the porosity filter, and makes each locus negative pressure or an ordinary-pressure state. The process which heats vertical both locus to predetermined temperature under negative pressure or an ordinary pressure, and fuses the aforementioned metal. The process which sets vertical both the aforementioned locus in the pressurization state. the aforementioned sintering under the pressurization after having made the pressure of the upper locus under the aforementioned pressurization still higher than the pressure of lower locus, making molten metal permeate lower locus through the aforementioned porosity filter and making the aforementioned sintered compact contact promptly -- the process which infiltrates the aforementioned molten metal into the inside of the body

[Claim 28] The manufacture method of the composite material carried out [performing a cooling process by indirect cooling processing from the lower locus circumference, and] as the feature while the press processing from both upper and lower sides performs the process which faces the metal which contains copper in the sintered compact which becomes any 1 term of claims 24-27 with a base material in the manufacture method of the composite material a publication at least carrying out sinking-in processing, and sets it in the pressurization state.

[Claim 29] The manufacture method of a composite material according to claim 8 characterized by providing the following. the 5th process of the above contacts the sintered compact used as a base material, and the metal which contains copper at least under negative pressure or an ordinary pressure -- making -- heat-treating -- the aforementioned metal -- fusing -- an after that and pressurization state -- setting -- prompt -- the aforementioned sintering -- the sinking-in process which infiltrates the aforementioned metal into the inside of the body The cooling process at which the aforementioned metal cools at least the aforementioned sintered compact with which it sank in.

[Claim 30] It is the manufacture method of a composite material according to claim 29 that it is characterized by the aforementioned cooling process cooling the aforementioned sintered compact with which the aforementioned molten metal sank in under the aforementioned pressurization by having the following. The aforementioned sinking-in process is a process which sets the aforementioned sintered compact and the aforementioned metal in negative pressure or the ordinary-pressure state in the state where it was made to contact mutually. The process which heats the aforementioned sintered compact and the aforementioned metal to predetermined temperature under negative pressure or an ordinary pressure, and fuses the aforementioned metal. The process which sets the aforementioned molten metal in the pressurization state. the porosity sintered compact under the molten metal under the aforementioned pressurization, the aforementioned negative pressure, or an ordinary pressure is contacted promptly -- making -- and a pressurization state -- setting -- the bottom of pressurization -- the aforementioned sintering -- the process which infiltrates the aforementioned molten metal into the inside of the body

[Translation done.]